

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial



Tese

**Efeitos do resfriamento, da umidade e do tempo de armazenamento sobre
parâmetros tecnológicos e nutricionais de grãos de lentilha**

Guilherme Cassão Marques Bragança

Pelotas, 2020

Guilherme Cassão Marques Bragança

Efeitos do resfriamento, da umidade e do tempo de armazenamento sobre parâmetros tecnológicos e nutricionais de grãos de lentilha

Tese doutoral apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Coorientadores Prof. Dr. Jander Luís Fernandes Monks
Prof. Dr. William Peres

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas/Sistema de Bibliotecas
Catlogação na Publicação

Bragança, Guilherme Cassão Marques

Efeitos do resfriamento, da umidade e do tempo de armazenamento sobre parâmetros tecnológicos e nutricionais de grãos de lentilha / Guilherme Cassão Marques Bragança ; Moacir Cardoso Elias, orientador ; Jander Luís Fernandes Monks, coorientador ; William Peres, coorientador. – Pelotas, 2020

136 f. : II

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Armazenamento. 2. Proteína. 3. Fenólicos. 4. Capacidade de eliminação. I. Elias, Moacir Cardoso, orient. II. Monks, Jander Luis Fernandes, coorient. III Peres, William, coorient. IV Título.

CDD :

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Prof^a Dra Rosana Colussi

Prof^a Dra Magda Santos dos Santos

Prof^a Dra Mônica Lourdes Palomino de los Santos

Prof^a Dra Reni Rockenbach

Prof^a Dra Vera Maria de Souza Bortolini

**À minha mãe Jaluzia Cassão Marques
Bragança, que é a razão maior de eu lutar
diariamente pelos meus sonhos,**

**À minha avó Maria Cecília Cassão (*in
memorian*),**

**Ao meu pai Ivan Vaz Bragança (*in memorian*)
e aos demais familiares e amigos que me
acompanham na estrada da vida.**

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, à Nossa Senhora Aparecida e à Nossa Senhora de Fátima, que foram minhas companhias em todos os momentos do dia, nunca me abandonando, e ao me oferecerem a luta, me mostraram as melhores formas de obter a vitória.

Sem palavras que expressem tamanho amor, agradeço à minha mãe, Jaluzia Cassão Marques Bragança, a maior, mais corajosa, sábia e dedicada professora que conheço. Mestre na arte da vida e doutora no quesito AMOR! Agradeço a ti, minha mãe, por todos os esforços que fizeste para que hoje eu obtivesse êxito. Obrigado minha amada mãe. Sem ti eu jamais conseguiria atingir meus objetivos e alcançar meus sonhos!!! Tu és a razão de tudo e, como Maria, tens a essência mais pura da mulher guerreira que em verdade se fez mãe e assim transcende o amor humano e atinge o coração da forma mais pura e bela. TE AMO, MÃE!!!

Ao meu irmão de coração, Dr. Rafael Plá Matielo Lemos e minha cunhada Dra. Cristiane Barbosa Doliveira, que com sua amizade e conhecimento proporcionaram-me uma visão diferenciada do cientificismo. Minha gratidão se amplia ainda mais para Ana Carolina Zago, a irmã que a vida me deu e que segue fielmente ao meu lado em todos os momentos, sendo amparo, fortaleza, amizade, alegria, fé e muito carinho. Pessoa que me acompanha nas mais loucas viagens científicas e é exemplo na caminhada!

Agradeço a todos os professores, funcionários, amigos e colegas das escolas Justino Costa Quintana, Dr. Carlos Antônio Kluwe de Bagé-RS e Instituto Municipal de Belas Artes de Bagé (IMBA).

Ao Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP-Bagé) que me proporcionou a formação, concedendo-me o título de Farmacêutico Generalista e hoje me acolhe como docente e pesquisador, embarcando nas minhas ideias e navegando nos mares que proponho desbravarmos! Desta forma, agradeço a todos e a todas que fazem parte desta instituição. Em nome da Reitora Prof^a Lia Quintana, do Vice-Reitor Prof. Fábio Paz e da Pró-Reitora de Ensino, Prof^a Virgínia Dreux, estendo a gratidão aos demais membros da FAMÍLIA URCAMP!

Aos grandes exemplos, Dra Mônica Palomino, Dra Reni Rockenbach e Dra Vera Bortolini, o meu reconhecimento. Sem vocês eu não teria conseguido!!!

Ao corpo docente do Curso de Farmácia da URCAMP, sempre família nesta caminhada: Ana Zago, Ana Menezes, Cíntia Ambrózio, Graciela Maldaner, Rafael Reis, Patrícia Mariño, Raquel Ambrózio e Laércio Santos.

Agradeço de coração à minha dinda, Enf^a. Daniela Marques Herzer, ao meu primo, seu esposo, Dr. André Vitória da Silva, e ao meu afilhado, Miguel Herzer da Silva, que me acolheram com amor nesta caminhada.

Aos demais familiares, amigos e parceiros desta caminhada. Afilhados e afilhadas, tias, primos e primas... Todos recebam minha gratidão!

Às colegas e amigas do laboratório, Bianca Ávila e Magda dos Santos e a todos os demais colegas do DCTA, em especial do LABGRÃOS.

Ao grande farol de nossos mares, o Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, por sua generosidade em transmitir conhecimento e sua paciência e sabedoria ao orientar. Seu modo de mostrar o caminho, e como sempre diz “colocar não uma minhoca, mas uma jiboia na cabeça”, me ensinou a pensar de forma diferenciada e a ver as possibilidades em todos os momentos.

Aos grandes amigos e mestres incondicionais Dr. William Peres e Dr. Jander Luís Fernandes Monks, que com a orientação e conversas fizeram de todo o caminho uma estrada maravilhosa.

Aos que partiram, deixei a reflexão e agradecimento para o último parágrafo, não por terem menor importância, jamais, pois são os meus maiores amores, mas pela emoção que inunda meu coração. Ler seus nomes e ter suas lembranças em minha mente durante as releituras deste trabalho trazia grande dor, e expressava-se fisicamente em lágrimas, mas também na certeza do reencontro. A vocês não atribuo somente a expressão *in memoriam*, mas também *in cordis*, pois vocês estarão sempre em minha memória e em meu coração. Aqui deixo o carinho e agradecimento ao Prof. Vitor Hugo Maia, D. Zulma Palomino, Eluzia e Clemar.

Meu coração aperta no momento de agradecer aos pilares de minha vida, que hoje junto a Deus seguem iluminando meu caminho e transbordando meu coração de saudade e amor. Obrigado, razões da minha vida, jamais os esquecerei. Agradeço sem rodeios à minha avó maravilhosa, D. Maria Cecília Cassão, ao meu pai amado Ivan Vaz Bragança, aos meus tios-pais Roberto Herzer e Job José Cassão Marques. Agradeço e dedico a vocês todas as vitórias.

OBRIGADO A TODOS!!!

*“Mudar só tem sentido se você fizer a escolha certa
e souber aonde quer chegar”*

Guilherme Bragança

RESUMO

BRAGANÇA, Guilherme Cassão Marques. **Efeitos do resfriamento, da umidade e do tempo de armazenamento sobre parâmetros tecnológicos e nutricionais de grãos de lentilha.** Orientador: Moacir Cardoso Elias. 2020. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, 2020.

O objetivo neste estudo foi avaliar efeitos da temperatura e da umidade sobre parâmetros tecnológicos, químicos, nutricionais e fitoquímicos de lentilhas verdes ao longo de doze meses de armazenamento. Foi aplicado delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, na parcela principal foram três temperaturas (15, 25 e 35°C), na parcela dividida foram três umidades (10, 12 e 14%) e na plotagem dividida foram sete tempos de armazenamento (início e aos 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias). Os grãos armazenados nas referidas condições foram avaliados quanto aos parâmetros tecnológicos, químicos, físicos, nutricionais e bioquímicos. As alterações foram observadas ao longo dos 360 dias de armazenamento, porém, observou-se que os grãos mantinham parâmetros de qualidade adequados a 15°C/10% (temperatura/umidade), seguidos de 25°C/10% e 25°C/12%. O estresse sofrido pelos grãos aumentou proporcionalmente com o tempo de armazenamento, uma vez que nas três umidades estudadas foram sendo observados os maiores teores de taninos, de fenóis simples e totais, a maior ação de captura de ânions (avaliada por DPPH) e a maior intensidade de escurecimento e da tonalidade marrom. Ocorreu o contrário com os compostos de interesse para avaliação nutricional, com reduções significativas dos teores de proteínas e lipídios, as quais foram se acentuado com o aumento do tempo de armazenamento, nas três temperaturas e nas três umidades estudadas. Os resultados da pesquisa significam contribuições significativas para os setores de produção, armazenamento e indústrias na preservação de propriedades tecnológicas e nutricionais dos grãos, com reflexos econômicos na cadeia produtiva da lentilha, abrindo horizontes para um mercado que ainda precisa ser explorado melhor.

Palavras-chave: armazenamento; proteína; fenólicos.

ABSTRACT

BRAGANÇA, Guilherme Cassão Marques. **Effects of cooling, humidity and storage time on technological and nutritional parameters of lentil grains.** Advisor: Moacir Cardoso Elias. 2020. 122 f. Thesis (Doctorate in Food Science and Technology) - Postgraduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Pelotas, Pelotas-RS, 2020.

The objective of this study was to evaluate the effects of temperature and humidity on technological, chemical, nutritional and phytochemical parameters of green lentils over twelve months of storage. A completely randomized experimental design was applied, in a split plot scheme, with three replications, in the main plot there were three temperatures (15, 25 and 35°C), in the split plot there were three humidity (10, 12 and 14%) and in the split plot were seven storage times (beginning and at 60, 120, 180, 240, 300 and 360 days). The grains stored under these conditions were evaluated for technological, chemical, physical, nutritional and biochemical parameters. The changes were observed over the 360 days of storage, however, it was observed that the grains maintained adequate quality parameters at 15°C/10% (temperature/humidity), followed by 25°C/10% and 25°C/12%. The stress suffered by the grains increased proportionally with the storage time, since in the three studied moistures the highest levels of tannins, simple and total phenols, the largest anion capture action (evaluated by DPPH) and the largest intensity of browning and brown tint. The opposite occurred with the compounds of interest for nutritional assessment, with significant reductions in the levels of proteins and lipids, which were accentuated with the increase in the storage time, at the three temperatures and at the three studied moistures. The results of the research mean significant contributions to the sectors of production, storage and industries in the preservation of technological and nutritional properties of grains, with economic consequences in the lentil production chain, opening horizons for a market that still needs to be explored better.

Keywords: storage; protein; phenolics.

Lista de figuras

Figura 1. Corte transversal em lentilha.....	20
Figura 2. Ajuste de umidade das amostras em estufa de ar forçado.....	31
Figura 3. Grãos armazenados na B.O.D.....	32
Figura 4. Identificação das amostras nas embalagens.....	33
Figura 5. a) Representação do diâmetro do grão; b) Representação da espessura do grão.....	33
Figura 06. Massa em gramas (g) de 100 grãos para todos os tratamentos.....	42
Figura 07. Diâmetro (mm) dos grãos para todos os tratamentos.....	44
Figura 08. Espessura (mm) dos grãos para todos os tratamentos.....	45
Figura 09. Tamanho mínimo e máximo encontrado nos grãos.....	46
Figura 10. Luminosidade (L*) dos grãos durante o armazenamento.....	47
Figura 11. Grãos antes do armazenamento à 25°C e umidade de 12%.....	48
Figura 12. Grãos após 360 dias de armazenamento à 25°C e umidade de 12%.	49
Figura 13. Dados colorimétricos com espectro do verde ao vermelho (a*) nos grãos armazenados.....	50
Figura 14. Dados colorimétricos com espectro do azul ao amarelo (b*) nos grãos armazenados.....	51
Figura 15. Saturação da cor (Croma) dos grãos durante o armazenamento.....	53
Figura 16. Matiz colorimétrica (°Hue) dos grãos durante o armazenamento.....	53
Figura 17. Umidade (%) das amostras ao longo ao armazenamento.....	55
Figura 18. Efeito no teor de proteína (%) dos grãos durante o armazenamento.	59
Figura 19. Efeito no teor de lipídios totais dos grãos durante o armazenamento.....	61
Figura 20. Efeito no teor de fibra total dos grãos durante o armazenamento.....	62
Figura 21. Efeito no teor de cinzas totais dos grãos durante o armazenamento.	63
Figura 22. Efeito no teor de carboidratos totais dos grãos durante o armazenamento.....	65
Figura 23. Valor energético em kcal para os grãos armazenados.....	67
Figura 24. Valor energético em kj dos grãos armazenados.....	67
Figura 25. Efeito no teor de DPPH nos grãos armazenados (expressos em μM Trolox.g ⁻¹ amostra).....	69
Figura 26. Efeito no teor de ABTS nos grãos armazenados (expressos em μM Trolox.g ⁻¹ amostra).....	70
Figura 27. Efeito no teor de fenóis totais nos grãos armazenados (expressos em mg de ác.tânico. g ⁻¹ amostra).....	71
Figura 28. Efeito no teor de fenóis simples nos grãos armazenados (expressos em mg de ác.tânico. g ⁻¹ amostra).....	72
Figura 29. Efito no teor de antocianinas totais presentes nos grãos armazenados (expressas em mg.100g ⁻¹ de matéria seca).....	74
Figura 30. Efeito no teor de taninos nos grãos durante o armazenamento (expressos em mg de ác.tânico. g ⁻¹ amostra).....	75
Figura 31. Teores de ferro (Fe) nos grãos armazenados (mg.kg ⁻¹).....	77
Figura 32. Teores de zinco (Zn) nos grãos armazenados (mg.kg ⁻¹).....	79
Figura 33. Teores de manganês (Mn) nos grãos armazenados (mg.kg ⁻¹).....	80
Figura 34. Teores de cobre (Cu) nos grãos armazenados (mg.kg ⁻¹).....	81
Figura 35. Teores de fósforo (P) nos grãos armazenados (g.kg ⁻¹).....	82

Figura 36. Teores de potássio (K) nos grãos armazenados (g.kg ⁻¹).....	83
Figura 37. Teores de cálcio (Ca) nos grãos armazenados (g.kg ⁻¹).....	84
Figura 38. Teores de magnésio (Mg) nos grãos armazenados (g.kg ⁻¹).....	85
Figura 39. Escores de plotagem e cargas fatoriais de CP1 e CP2, relacionadas às variáveis dependentes analisadas. Para temperaturas de 15°C (A), 25°C (B) e 35°C (C) nas diferentes umidades (10, 12 e 14%) ao longo dos tempos de armazenamento (T) (0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias).....	89
Figura 40. Superfície de resposta e gráfico de contorno para o ângulo Hue (A, B e C) e fenólico total (mg / g) (D, E e F) de grãos de lentilha verde. A e D: efeito da interação entre temperatura e umidade. B e E: efeito da interação entre temperatura e tempo de armazenamento. C e F: efeito da interação entre umidade e tempo de armazenamento.....	95
Figura 41. Superfície de resposta e gráfico de contorno para ABTS (µMol TE/g) (A, B e C) e antocianinas totais (mg/100g) (D, E e F) de grãos de verde. A e umidade e tempo de armazenamento. *As figuras estão em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.....	96
Figura 42. Aparência visual dos grãos de lentilha verde ao longo do armazenamento sobre diferentes condições de temperatura e umidade. *Os textos das figuras estão em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.....	97

Lista de Tabelas

Tabela 1. Delineamento experimental do armazenamento de lentilhas durante 12 meses.....	30
Informação Suplementar S1.....	114
Informação Suplementar S2.....	115
Informação Suplementar S3.....	116
Informação Suplementar S4.....	117
Informação Suplementar S5.....	118
Informação Suplementar S6.....	119
Informação Suplementar S7.....	120
Informação Suplementar S8.....	121
Informação Suplementar S9.....	122

Lista de abreviaturas

D.M.: Dry matter (materia seca);

p.a.: Padrão analítico;

Fe: Ferro;

Zn: Zinco;

Cu: Cobre;

P: Fósforo;

Mg: Magnésio;

Mn: Manganês;

K: Potássio;

Ca: Cálcio;

°H: Ângulo HUE

TACO: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa.....	18
1.2 Problemática.....	19
1.3 Hipóteses.....	19
1.4 Objetivo geral.....	19
1.4.1 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Lentilha (<i>Lens culinaris</i> Medik.).....	20
2.2 Armazenamento de grãos proteicos.....	22
2.3 Perfil colorimétrico.....	25
2.4 Perfil mineral.....	26
2.5 Compostos bioativos.....	27
2.6 Fatores antinutricionais.....	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 Material.....	30
3.2 Métodos.....	30
3.2.1 Delineamento experimental.....	30
3.2.2 Preparação das amostras.....	31
3.2.3 Armazenamento das amostras.....	32
3.2.4 Período de avaliações e identificação das amostras.....	32
3.2.5 Parâmetros tecnológicos.....	33
3.2.5.1 Massa de cem grãos.....	33
3.2.5.2 Dimensões dos grãos.....	33
3.2.5.3 Cor.....	34
3.2.6 Parâmetros químicos e nutricionais.....	34
3.2.6.1 Composição proximal.....	34
3.2.6.2 Valor energético.....	35
3.2.6.3 Determinação de minerais.....	35
3.2.7 Compostos bioativos.....	35
3.2.7.1 Determinação de fenóis totais.....	35
3.2.7.2 Determinação de fenóis simples.....	36
3.2.7.3 Determinação de antocianinas totais.....	36
3.2.7.4 Determinação da Capacidade Antioxidante - Método DPPH.....	37
3.2.7.5 Determinação da Capacidade Antioxidante - Método ABTS.....	38
3.2.8 Fatores antinutricionais.....	38
3.2.8.1 Determinação de taninos.....	38
3.3 Análises estatísticas.....	38
3.3.1 Análise de componentes principais (ACP).....	39
3.3.2 Metodologia da superfície de resposta.....	39
3.3.3 Otimização simultânea.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 Análise de componentes principais.....	87
4.2 Análises de superfície de resposta.....	93
5 CONCLUSÕES	98

REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICES.....	113

1 INTRODUÇÃO

As fabáceas são vastamente utilizadas para alimentação humana em diversas regiões do planeta, sobretudo por sua importância nutricional. As plantas da família Fabaceae são de forma geral muito apreciadas e consideradas alimentos base na nutrição de sociedades menos favorecidas economicamente, fatos alicerçados na sua capacidade energética e proteica. Também são detentoras de fatores antinutricionais como taninos, fitatos, inibidores de enzimas proteolíticas, lectina e inibidores de tripsina.

Um dos grãos fabáceos mais produzidos no mundo é a *Lens culinaris* Medik., conhecida como lentilha, cultivada e consumida há cerca de 13 a 9,5 mil anos. Sua destinação é principalmente para o público infantil e como fonte proteica para os adeptos a não ingestão de produtos cárneos, pois apresenta-se como uma das principais fontes alimentares e com elevada riqueza nutricional. Além do valor nutricional, a lentilha é detentora de importante composição fenólica, que está associada à redução da incidência de doenças crônicas degenerativas como diabetes, doenças cardiovasculares e cânceres, sendo considerada um dos melhores alimentos para se ter na dieta.

Mesmo havendo boa aceitação desse grão, sua produção é pequena no país, não havendo valores relatados para o grão, apenas plantio experimental, embora sejam o clima e o solo adequados ao cultivo. Por este fato, o consumo nacional de lentilha é suprido pela importação. Em outros países, seu cultivo é principalmente efetivado em propriedades de pequeno por ou familiares.

Todavia, embora a lentilha seja um grão com elevada capacidade nutricional, ainda é baixa sua utilização na alimentação humana em alguns países do mundo, como o Brasil, devido muitas vezes ao elevado tempo de preparo e gasto econômico-energético, além de fatores culturais. O uso da lentilha na alimentação embora seja muito indicado, encontra-se limitado devido a inúmeros fatores, como a preservação das suas características durante o armazenamento, sobretudo devido à vulnerabilidade dos grãos às tensões físicas geradas no acondicionamento.

O armazenamento visa garantir a preservação da qualidade granular, sendo o sistema de armazenagem um fator determinante na qualidade física, química e

microbiológica do grão. É prática comum a armazenagem de grãos durante o período de 12 meses ou mais, no entanto, este período é dependente da qualidade do grão e das condições de armazenamento. A combinação de temperatura e umidade é bastante significativa e influente sobre os padrões de qualidade, sendo as regiões de clima tropical as mais problemáticas na contextualização do armazenamento.

Os dados acerca do armazenamento de grãos de lentilha são escassos, e os existentes não contemplam a variação dos parâmetros de qualidade tecnológicos e nutricionais durante a estocagem. A legislação brasileira não traz de forma clara os parâmetros de armazenagem, expondo apenas um item que trata sobre este tema, onde expressa que se deve ter condições técnicas e segurança para a conservação do produto, ainda que não tenham sido determinadas tais condições. Todavia, o futuro comercial da lentilha será promissor se forem conduzidos maiores estudos sobre os genótipos, condições de cultivo e, sobretudo, armazenamento, incentivando-se o consumo com base na elevada qualidade nutricional do grão e reduzindo o preço de venda, assim vencendo a resistência de consumo hoje existente.

Como não existem dados conclusivos e abrangentes sobre os aspectos que envolvem armazenagem e conservação de lentilha, o estudo foi realizado com objetivo de avaliar parâmetros de qualidade tecnológica de interesse nutricional de lentilha armazenados por 360 dias sob diferentes condições de temperatura e umidade.

1.1 Justificativa

Não são evidenciados na literatura trabalhos consistentes que apresentem formas eficientes de armazenamento de lentilhas, garantindo a manutenção da sua qualidade nutricional, físico-química e tecnológica, sobretudo, contemplando as amplas faixas de temperatura, umidade e tempo em que o grão poderá se encontrar nas diferentes regiões de cultivo. Logo, esta configura-se como a principal justificativa para a proposição deste trabalho.

1.2 Problemática

Quais os efeitos do tempo, temperatura e umidade de armazenamento nos parâmetros nutricionais, físico-químicos e tecnológicos de lentilha em armazenamento?

1.3 Hipóteses

- O tempo de armazenamento e as diferentes condições de temperatura e umidade são fatores determinantes para a qualidade nutricional da lentilha;
- A probabilidade de haver endurecimento, diferenciação dimensional e aumento do tempo de cocção durante o armazenamento está relacionada com a temperatura e umidade às quais o grão é exposto na estocagem;
- A capacidade antioxidante e antinutricional da lentilha podem ser aumentadas pelos efeitos das condições de armazenamento às quais os grãos estão expostos.

1.4 Objetivo geral

Objetivou-se avaliar efeitos do tempo, temperatura e umidade de armazenamento nos parâmetros de qualidade tecnológica, nutricionais e capacidade antioxidante de grãos de lentilha.

1.4.1 Objetivos específicos

- Avaliar efeitos da temperatura e da umidade de armazenamento nas propriedades físico-químicas dos grãos de lentilha;
- Avaliar alterações nos parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos de lentilha armazenados durante 360 dias, em diferentes condições de temperatura e umidade;
- Identificar e quantificar compostos nutricionais, antinutricionais e bioativos presentes na lentilha durante o armazenamento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Lentilha (*Lens culinaris* Medik.)

Lentilha são todos os grãos pertencentes à espécie *Lens esculenta* Moench (BRASIL, 1993), sendo sinônimo de *Lens culinaris* Medik. (VOHRA e GUPTA, 2012). Há grande variedade de lentilhas no mundo, apresentando cada uma suas características e particularidades fenotípicas e colorimétricas de tegumento e cotilédones (CGC, 2014) (Figura 1) agrupadas de acordo com a classificação baseada no tamanho e coloração do grão, variando entre pequenas e grandes, vermelhas e verdes (GUPTA et al., 2013).

A família Fabaceae engloba outros grãos proteicos, porém as lentilhas merecem destaque neste grupo por serem valorosas fontes nutricionais que estruturam as mais diversas dietas. Neste sentido, devido a sua importância nutricional, a lentilha vem ganhando espaço e despertando o interesse da população como alimento funcional, considerando também sua composição bioativa (FARIS e ATTLE, 2017).

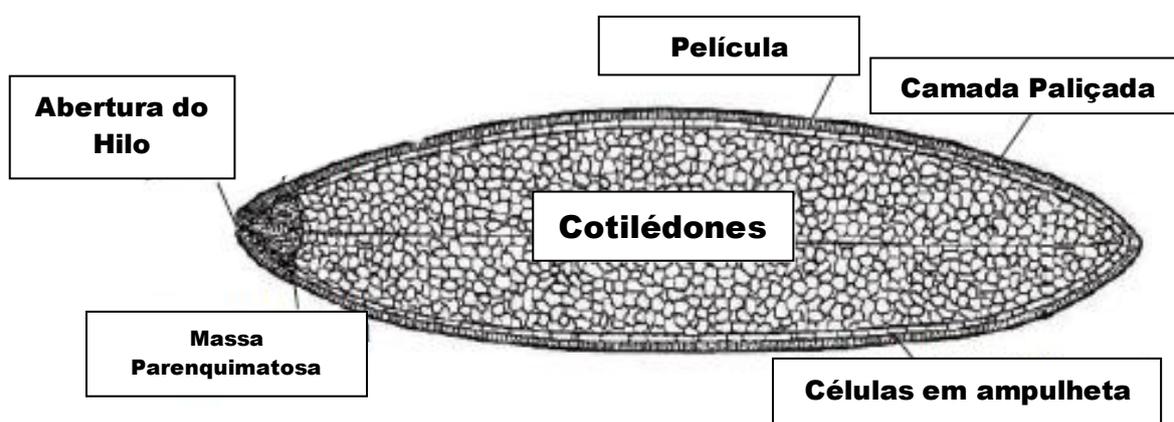


Figura 1. Corte transversal em lentilha
Fonte: Joshi et al. (2017).

A lentilha ganha espaço no mercado mundial, principalmente devido ao seu considerável valor energético e, sobretudo, qualidade proteica (BRUMMER et al., 2015) que garante importante disponibilidade deste nutriente às refeições da população (ALAM et al., 2019). Todavia embora com reconhecida qualidade

proteica, os grãos armazenados podem sofrer alterações na proteína, sendo os aminoácidos desaminados, acarretando alterações sensoriais e nutricionais no grão (ELIAS, 2008).

As fabáceas são mundialmente produzidas, destacando-se no continente Americano o Canadá (ROY et al., 2010) e Argentina. O Brasil apresenta plantações experimentais, e segundo Vieira e Rocha (2004) em pesquisa com plantio no estado de Minas Gerais, a produtividade atingiu 1321kg/ha, um índice altamente significativo.

Dentre os principais parâmetros tecnológicos dos grãos proteicos, a cor é segundo Cezar et al. (2011) um dos mais importantes e que pode ser alterado pelo armazenamento em condições desfavoráveis (SINCLAIR, 1995). Muitos alimentos que apresentam diversidade de coloração apresentam, segundo Dobrzańskie e Rybczyński (2008), preferências dependentes das adaptações culturais do público.

A lentilha é importante fonte de minerais, vitaminas, carboidratos prebióticos (JOHNSON et al., 2013), proteína (ROY et al., 2010) e antioxidantes naturais (OOMAH et al., 2011). Seus constituintes químicos estão distribuídos pelas suas diferentes partes, sendo as fibras concentradas no tegumento, enquanto proteínas e lipídeos estão em maior concentração nos cotilédones (NEVES et al., 1998).

Considerando sua riqueza quanto ao teor proteico, a lentilha pode conter quase 30% de proteína, de acordo com inúmeros fatores, visto que este parâmetro é dependente do crescimento e do grão (ROY et al., 2010) e da capacidade da planta de converter o nitrogênio absorvido do solo em proteína (BHATTY, 1986). No cenário brasileiro toma maior relevância a compreensão deste grão, visto que segundo Ribeiro et al. (2007), significativa parcela da sociedade brasileira apresenta restrições de acesso à proteína animal, sobretudo, em função dos fatores econômicos.

Todavia, é uma cultura muito sensível às mudanças edafoclimáticas que podem interferir de forma muito significativa na estruturação da planta, com reflexo nas características físicas, químicas e nutricionais dos grãos. Neste sentido, o estresse promovido pelo calor e/ou falta de água nas etapas de cultivo podem ser determinantes, refletindo em menor número de grãos por planta, além destas plantas demonstrarem formação de grãos menores e com reduzido peso, conforme

relata Sehgal et al. (2019). Ainda segundo estes autores, o estresse térmico pelo aumento da temperatura, assim como a redução do aporte hídrico à planta podem promover significativas reduções no teor proteico, mineral, lipídico e de fibras.

A lentilha é associada à redução de índices de doenças como o Diabetes Mellitus tipo II, câncer, doenças cardiovasculares e envelhecimento (ZHANG et al., 2014; KOUVOUSAKIS et al., 2014). Segundo estudo de Kluska et al. (2019), a lentilha apresenta compostos bioativos que quando isolados das lentilhas apresentam resultados satisfatórios no tratamento do câncer, como uma forma eficiente de proteção das células não cancerígenas frente a ação dos quimioterápicos, como o fosfato de etoposido, ao passo que podem potencializar o efeito deste quimioterápico sobre regiões de proliferação tumoral. Também relaciona-se o consumo de lentilha à redução dos índices de obesidade e sobrepeso (FARIS e ATTLEE, 2017).

Além desses fatores, é ainda um alimento muito importante no combate à desnutrição, devido ao seu elevado valor nutritivo (ZHANG et al., 2014).

Todavia a lentilha é ainda mais versátil, podendo ser utilizada em meios não alimentares, como por exemplo, expõem Chua et al. (2019) em sua pesquisa que coloca o extrato de lentilha vermelha como eficiente na redução da turbidez de águas residuais ácidas, sendo importante agente ambiental.

Cabe ressaltar, porém, que as fabáceas contam com significativo teor de compostos antinutricionais, com destaque para fitatos e taninos. Estes compostos formam complexos indissolúveis com minerais e proteínas impossibilitando a absorção (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

2.2 Armazenamento de grãos proteicos

O armazenamento tem por principal objetivo garantir a manutenção das características físicas, químicas e nutricionais do produto, com influência da temperatura e umidade do ambiente (VIEIRA et al., 2006; ELIAS, 2002), visto que após colhido o grão ainda apresenta metabolismo ativo, como a respiração (LIMA, 2013).

Os grãos proteicos são armazenados, geralmente, por longo período, ou seja, entre a colheita e o consumo podem-se passar muitos meses (ZHANG et al., 2017) e esse processo se deve, sobretudo, à baixa perecibilidade dos grãos. A manutenção da qualidade, salubridade e valor nutritivo dos grãos durante o tempo e armazenamento são dependentes das circunstâncias de estocagem do grão (ELIAS, 2003), que durante o armazenamento passa por alterações que interferem nas características físicas, químicas e nutricionais (ZHANG et al., 2008).

O processo de armazenamento, que engloba o espaço entre a colheita e o consumo, deve ser criteriosamente avaliado e segundo Ziegler et al. (2017), dentre os fatores influentes na manutenção de qualidade dos grãos está a temperatura. Esses fatores interferem na qualidade nutricional e comercial do grão, assim como são influentes sobre tempo de cocção e aparência global (SARTORI, 1988).

Grãos da família Fabaceae como a soja apresentam expressiva produção em todo o espaço territorial mundial, todavia, segundo Alencar e Faroni (2011), a manutenção da qualidade é imprescindível em todos os setores produtivos e de beneficiamento, podendo afetar significativamente o seu valor comercial e de tudo que dela derivar.

No feijão, outra importante fabácea, um dos fatores mais importantes e que interfere na qualidade dos grãos para comercialização é a umidade, que embora não seja padronizada na legislação de inúmeros países, deve ser considerada de forma especial, carecendo estudos e parâmetros a serem definidos para garantir referências experimentais neste sentido (FERREIRA et al., 2017).

Ocorrem durante o armazenamento interações físico-químicas e bioquímicas no grão que também são influentes sobre aspectos texturométricos do mesmo (VIEIRA et al., 2006). Alterações físicas do tegumento podem ser evidenciadas em algumas variedades de lentilhas quando armazenadas, o que poderá promover redução do seu valor comercial (PAMI, 1992).

Segundo Lima (2013) a alta luminosidade, temperatura e umidade são capazes de alterar a propriedade de cor do grão, culminando em negativas influências sobre a comercialização do produto, inclusive, segundo Alencar et al. (2009) redução de valor. A elevação da temperatura ainda é responsável pela alta taxa de evaporação de água dos grãos, reduzindo o teor de água em seu interior

(GUTKOSKI et al., 2009). O tempo de armazenamento também é importante fator a ser considerado quando se avaliam os parâmetros nutricionais dos grãos, sendo determinante quantitativamente frente a diversos elementos (ELIAS et al., 2009). A conjugação do efeito da umidade com a temperatura de armazenamento é fator determinante da atividade dos compostos bióticos do produto (ELIAS, 2002).

Os grãos podem apresentar perdas qualitativas e quantitativas, também pelo aparecimento de pragas que podem se desenvolver como resultado do armazenamento inadequado (RESENDE et al., 2008), como redução do peso volumétrico, que indica consumo dos nutrientes do grão (ELIAS et al., 1997). O aumento da umidade (ZAMBIASI, 2015) associado à elevação de temperatura pode promover deterioração dos grãos, estreitamente relacionada com o desenvolvimento microbiano (ELIAS et al., 1990; ELIAS, 2008).

Um dos fatores que determina a conservabilidade dos grãos é a acidez lipídica, que pode ser aumentada durante o armazenamento, sendo provocada por microrganismos ou mesmo por atividade metabólica do grão (ELIAS, 1997).

Segundo PAMI (1992), a produção de lentilha até o início da última década do século XX era rapidamente comercializada, não necessitando de longos períodos de armazenamento, todavia, é provável que o aumento da produtividade de grãos seja evidenciado, necessitando assim de formas de armazenamento que contemplem adequações específicas.

Todavia, o consumo não acompanhando a produção gera a necessidade de armazenamento e hoje se observa a carência de métodos efetivos para garantir este processo com qualidade e manter grãos para o futuro, cabendo ainda ressaltar as constantes evidências de aumento das perdas na pós-colheita (BRAGANÇA et al., 2020). Neste sentido fica clara a necessidade de maiores investimentos em pesquisa com a finalidade de trazer conhecimentos que contribuam com processos para manutenção da qualidade dos grãos por meio do aperfeiçoamento de técnicas de cultivo, colheita e pós-colheita, garantindo maior eficiência nutricional e metabólica da lentilha (FARIS e ATTLEE, 2017).

2.3 Perfil colorimétrico

Para as fabáceas, de forma geral, a expressão fenotípica é um dos mais importantes parâmetros considerados para a comercialização, influenciando nas decisões de compra (ALENCAR e FARONI, 2011). Cezar et al. (2011) relatam que a cor tegumentar é um dos principais parâmetros a serem considerados dentro da avaliação tecnológica dos grãos. A avaliação colorimétrica conceitual muitas vezes se dá pela avaliação visual, como também ocorre com frutas, conforme exposto por Dobrzański e Rybczyński (2008). A coloração é um dos parâmetros determinantes na escolha do produto por parte do consumidor, sendo influente sobre o processo de compra e atribuição de valor econômico ao grão, segundo Siqueira (2013) e Vanier (2012) em estudo com feijão carioca.

De acordo com Lopes (2011), é habitual e conceitual associar a cor dos grãos à sua qualidade, principalmente quando os mesmos se apresentam escuros, associando-lhes à dificuldade de cocção e não aceitabilidade sensorial. Todavia, outro fator é de extrema significância no que tange ao endurecimento o grão e dificuldade do mesmo em cozinhar, trata-se do armazenamento, que segundo Iliadis (2001), quando realizado em armazém com elevada umidade e temperatura, aumenta o tempo necessário para o cozimento.

A coloração do tegumento dos grãos pertencentes à família Fabaceae pode estar relacionada com a quantidade de compostos bioativos presentes no grão (LANDIM et al., 2013; BENEVIDES et al., 2011) e pode ser alterada de acordo com as condições e tempo de armazenamento (SINCLAIR, 1995). Segundo Alencar e Faroni (2011), a elevada umidade somada à alta temperatura da massa de grãos em armazenamento são fatores determinantes na promoção de danos aos grãos, devendo ser controlados de forma a garantir a qualidade do produto.

É convencional e cultural, no entanto, a associação da cor com a qualidade do produto, de forma que grãos mais escuros trazem uma ideia de menor aceitabilidade sensorial e dificuldade de cocção (LOPES, 2011).

2.4 Perfil mineral

Os grãos membros da família Fabaceae, apresentam importante constituição inorgânica representada pelos compostos minerais, com destaque para zinco, ferro e cálcio, sendo fundamental o conhecimento da composição mineral dos alimentos com o objetivo de promover uma oferta nutricional que supra as demandas constitucionais do organismo (LAZARTE et al., 2015).

Para o correto funcionamento metabólico humano é necessário um aporte mineral que seja eficiente na manutenção bioquímico-funcional e estrutural, conforme expõe Buratto (2012).

Todavia, as fabáceas variam sua composição mineral (SOMAVILLA et al., 2011; BARRUETO-GONZALES, 2008) de acordo com diferentes fatores como espécie, genótipo, alterações edafoclimáticas e outras características próprias do local de cultivo (THAVARAJAH et al., 2010).

Consistindo a lentilha como importante fonte de minerais (JOSHI et al., 2010) é um grão considerado significativamente importante para garantir a manutenção da qualidade nutricional do ser humano (ROY et al., 2010; BARRUETO-GONZALES, 2008). Os compostos minerais podem apresentar-se distribuídos de forma desigual no tegumento e nos cotilédones, sendo esta variação dependendo, sobretudo, à variabilidade dos fatores de cultivo e genotípicos (BURATTO, 2012).

Naturalmente as fabáceas são vegetais fitorremediadores, ou seja, apresentam capacidade significativa de reter minerais do solo, bem como, semi-metais. Todavia, este processo pode promover prejuízos à saúde dos consumidores e também aos parâmetros tecnológicos da cultura (ALAM et al., 2019).

Embora apresente significativo potencial de captação mineral do solo, as lentilhas quando submetidas à escassez de água e elevação da temperatura durante o crescimento são afetadas quanto à capacidade fitorremediadora, reduzindo significativamente a captação mineral do solo (SEHGAL et al., 2019).

Cabe ressaltar, todavia, que haver disponibilidade mineral *in vitro* não significa que sua biodisponibilidade *in vivo* seja significativa, visto que ela está diretamente relacionada à presença de compostos antinutricionais que podem ou não

proporcionar sua absorção, segundo relata Barrueto-Gonzalez (2008), visto que estes complexam indissolúvelmente com aqueles, o que reduz seu índice absorptivo.

Seguindo esta linha de compreensão, um exemplo importante é o cálcio, um mineral cujo teor detectado no organismo é diretamente proporcional ao teor absorvido da alimentação, estando intimamente relacionado aos processos fisiológicos e metabólicos do desenvolvimento orgânico humano, sobretudo pela sua interação com proteínas (PORRES et al., 2003).

2.5 Compostos bioativos

Diariamente ingerimos importante quantidade de compostos bioativos, sendo estes com atuação de diferentes formas no organismo humano, ressaltando a atividade antioxidante promovida pelo poder de óxido-redução destes compostos (BASTOS et al., 2009). Naturalmente os grãos da família Fabaceae apresentam importante composição antioxidante natural, oriunda do seu metabolismo secundário (OOMAH et al., 2011), com destaque para a presença de compostos fenólicos que podem atuar na prevenção de patologias, sobretudo, doenças crônicas não transmissíveis (AMAROWICZ et al., 2010), bem como, reduzir o risco de câncer (KLUSKA et al., 2019).

Compostos fenólicos são substâncias antioxidantes de extrema importância para a saúde do ser humano (LANDIM et al., 2013), sendo sua identificação e quantificação podendo garantir-se na forma de fenóis individuais, simples e totais, considerando que os fenóis simples tem pequena distribuição por apresentarem-se em menor número (TIVERON, 2010). Abe et al. (2007) relatam que a atividade antioxidante é diretamente proporcional ao conteúdo fenólico, e de acordo com Botelho (2014) os ácidos fenólicos (fenóis simples) têm sua concentração variável de acordo com os processamentos aos quais os grãos são submetidos.

Os métodos mais utilizados para a verificação da atividade antioxidante é o método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazina) (TIVERON, 2010) e o método ABTS, que consiste na captura de elétrons pelo radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico) (HASSIMOTTO, 2005).

No que tange à antioxidantes, os flavonóides antociânicos glicosilados conhecidos como antocianinas recebem especial atenção, sendo oriundas da hidroxilação ou metoxilação do fenil-2-benzopirílio (HASSIMOTTO, 2005). Estes compostos estão, sobretudo, no tegumento do grão, estando seu teor relacionado com a coloração do mesmo e sendo influenciado pelos raios ultravioletas (LANDIM et al., 2013). Por esses, dentre outros fatores, sua presença é indicativa de qualidade aos grãos, e por isso deve-se pensar em formas eficientes de cultivo, colheita, manipulação e armazenamento desses grãos, garantindo aporte antociânico capaz de promover melhorias na saúde humana caso absorvidos.

No organismo vegetal estes compostos secundários (SCHILEIER, 2004) estes compostos atuam no processo de adaptação do vegetal frente às inúmeras situações de estresse metabólico que o mesmo sofre (ROCHA et al., 2011).

Assim como antioxidantes, as fabáceas apresentam larga concentração de fatores antinutricionais sintetizados bioquimicamente, sendo metabólitos secundários (NEPOMUCENO et al., 2011), entre eles destacam-se os taninos que podem ser reduzidos pelo tempo de armazenamento (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010), fitatos e inibidores de tripsina, que interferem na absorção de minerais e proteínas pelo intestino humano.

2.6 Fatores antinutricionais

O metabolismo secundário vegetal é ativado frente a situações de estresse que tragam dificuldades fisiológicas aos vegetais. Neste sentido, quando ativado, o metabolismo secundário produz compostos como os taninos, antinutricionais de extrema importância (NEPOMUCENO et al., 2011).

A família Fabaceae é composta por grãos com imensa capacidade de síntese de antinutricionais como os taninos já citados e os fitatos, os inibidores de proteases e os oxalatos. Estes elementos são capazes de se ligar com metais e proteínas, impedindo sua natural absorção pelo organismo humano (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

Embora a lentilha seja considerada um grão com importante composição mineral e com isso tenha disponibilidade significativa dos mesmos, os fitatos podem

promover a redução da biodisponibilidade de ferro, cálcio, zinco e magnésio (PAULA, 2007).

Neste sentido, outro antinutricional deve ser estudado de forma objetiva e elucidativa, o tanino. Este composto é produzido pelo vegetal como forma de defesa ao ataque de insetos, todavia, no organismo animal se complexam indissolúvelmente a proteínas (SCHILEIER, 2004). O estudo e a compreensão dos agentes antinutricionais é, então, de importância significativa no contexto nutricional da lentilha, visto ser um grão proteico de importância alimentar e econômica mundial.

3 METODOLOGIA

3.1 Material

Os grãos de lentilha da espécie *Lens culinaris* Medik. da safra de 2018 foram comprados comercialmente de um distribuidor, com sementes de origem certificadas (Saskatchewan, Canadá). As amostras foram enviadas para o Laboratório de Pós-Colheita Industrialização e Qualidade de Grãos (LabGrãos), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Escola de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), campus Capão do Leão, RS, Brasil e ao Laboratório de Biotecnologia de Alimentos do IFSul Câmpus Pelotas RS. Antes do início do experimento, os grãos foram selecionados e somente aqueles que estavam inteiros e livres de qualquer tipo de sujeira e/ou alterações físicas e microbiológicas visíveis a olho nu foram aceitos como adequados para o estudo.

3.2 Métodos

3.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental está disposto na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Delineamento experimental do armazenamento de lentilhas durante 12 meses.

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	Umidade de armazenamento (%)	Variáveis dependentes
0	15	10	Massa de cem grãos Dimensões dos grãos Cor
60			Composição centesimal Valor energético
120	25	12	Capacidade antioxidante (DPPH e ABTS)
180			Fenóis simples e totais
240			Antocianinas totais
300	35	14	Taninos totais
360			Minerais

3.2.2 Preparação das amostras

Os grãos apresentavam 12,12% de umidade no momento da aquisição, logo foram divididos em 3 (três) unidades amostrais. O primeiro terço amostral foi seco em estufa de ar forçado em temperatura de 40°C por aproximadamente 4 horas, sendo os grãos revolvidos a cada 20 minutos, até que se obteve 10% de umidade na massa de grãos.

O segundo terço da amostra foi também colocado em estufa de ar forçado em temperatura de 40°C por aproximadamente 1h50min, sendo os grãos revolvidos a cada 20 minutos, até que se obteve massa de grãos com 12% de umidade.

O terceiro terço foi preparado de forma diferente, visto que necessitava de aumento no teor de umidade. Em uma sala adequadamente higienizada e com temperatura controlada de 25°C, a massa de grãos foi colocada em uma mesa de 2,40X1,20m coberta com papel filtro branco. Sobre os grãos a cada ± 20 minutos era aspergida água deionizada (para que não influenciasse nas análises, sobretudo de minerais) e os mesmos eram revolvidos. Após aproximadamente 6 horas, os grãos obtiveram 14% de umidade.

Na Figura 2 se observa as amostras na estufa de ar forçado.

Após o ajuste de umidade, os grãos permaneceram 12 horas em sala com temperatura controlada de 25°C para obterem estabilização metabólica devido ao estresse acumulado nas operações de secagem/umidificação.

Após ajuste de umidade as amostras foram aliqüotadas em 1 kg e acondicionadas em embalagem de polietileno de 30x30cm hermeticamente seladas a quente sem vácuo.



Figura 2. Ajuste de umidade das amostras em estufa de ar forçado (Quimis®, modelo Q314M293).
Fonte: Próprio autor.

3.2.3 Armazenamento das amostras

As amostras embaladas e com umidade ajustada foram armazenadas em temperatura de 15, 25 e 35°C em incubadoras do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand, Marca EletroLab, modelo EL 131/3), com uma incubadora para cada temperatura utilizada, durante 360 dias. O armazenamento está exposto na Figura 3.



Figura 3. Grãos armazenados na B.O.D.
Fonte: Próprio autor.

3.2.4 Período de avaliações e identificação das amostras

As avaliações foram realizadas em todas as amostras nos tempos: inicial, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias de armazenamento.

As embalagens foram identificadas a exemplo da Figura 4, indicando a espécie, a temperatura e a umidade de armazenamento, bem como, o tempo em que deveria ser retirada a amostra e a identificação do pesquisador.

Ressalta-se que as alíquotas de 1Kg foram retiradas e não retornavam para a sua respectiva B.O.D., pois eram imediatamente conduzidas para as avaliações físicas e químicas.

Lens culinaris– 15°C/10%
Retirar esta amostra no dia 60
Guilherme Cassão M. Bragança

Figura 4. Identificação das amostras nas embalagens, em fonte Arial, tamanho 18.

3.2.5 Parâmetros tecnológicos

3.2.5.1 Massa de cem grãos

Para a avaliação do peso de cem grãos, aplicado ao grão cru, primeiramente contou-se 100 grãos de lentilha e procedeu-se com pesagem em balança de precisão (BRASIL, 1992; VIEIRA; ROCHA, 2004). Esta avaliação foi conduzida em dez repetições.

3.2.5.2 Dimensões dos grãos

A estrutura dimensional de grãos de lentilha consiste em diâmetro e espessura, conforme se observa na Figura 5. Tais dimensões foram mensuradas com paquímetro digital (marca MTC®, modelo 316119), conforme exposto por Bragança et al. (2020).

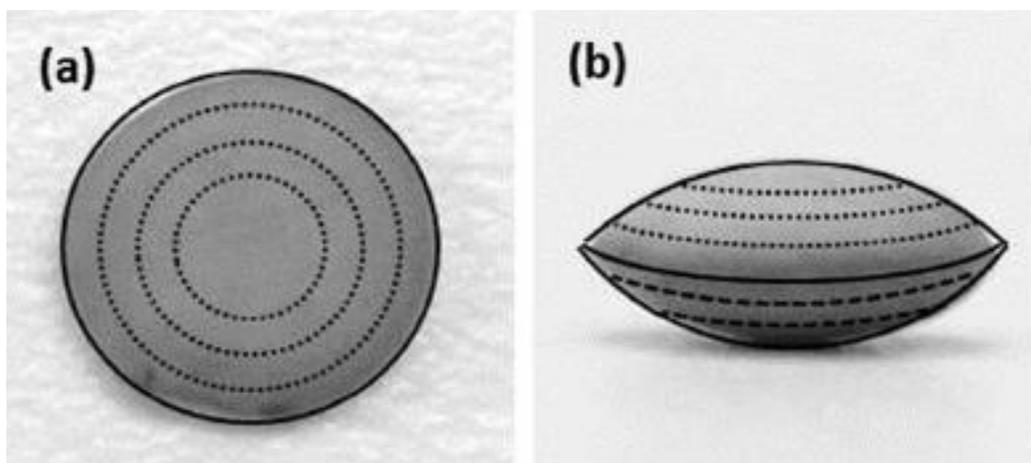


Figura 5. a) Representação do diâmetro do grão; b) Representação da espessura do grão. Fonte: Lemasurier et al. (2014).

3.2.5.3 Cor

Para a determinação dos parâmetros de coloração dos grãos utilizou-se colorímetro Minolta® modelo CR-300, sendo este aparelho capaz de indicar as cores de forma que se apresentem em sistema tridimensional. Este equipamento apresenta três formas de exposição dos dados colorimétricos, sendo estes, conhecidos como eixos. O eixo L*, de forma vertical, representa a variação de cor da amostra entre o preto e o branco, indicando a intensidade da luminosidade da amostra. O eixo a* apresenta a faixa de cores entre o verde e o vermelho, e o b* indica a escala colorimétrica de azul a amarelo. Realizou-se 10 determinações para cada amostra, sendo estas colocadas em recipiente com 22cm de diâmetro e 3 cm de altura cobrindo totalmente o fundo do recipiente (LAWLESS, 1998).

Outros parâmetros colorimétricos avaliados foram o ângulo HUE (°H), que segundo Tiecher (2010) expressa a tonalidade da cor do alimento e o croma que representa, segundo Trigo et al. (2012) a saturação da cor. Determinou-se o ângulo HUE e o croma segundo cálculos propostos por Harder et al. (2007) de acordo com as equações 1 e 2 respectivamente.

$$^{\circ}\text{HUE} = \arctg b^*/a^* \quad (1)$$

$$C^2 = (a^2 + b^2) \quad (2)$$

3.2.6 Parâmetros químicos e nutricionais

3.2.6.1 Composição proximal

Determinou-se o teor de umidade, de cinzas, proteína bruta, fibra bruta e lipídeos segundo método proposto por AOAC (2006) e os carboidratos determinados por diferença. Os resultados das análises, feitas em triplicata, foram expressos em percentagem, equivalente a $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em base seca.

3.2.6.2 Valor energético

O valor calórico energético em Kcal foi determinado utilizando os valores de conversão de Atwater, sendo $4\text{kcal}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para carboidratos e proteínas e $9\text{Kcal}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para lipídeos (MAHAN e SCOTT-STUMPP, 2010). O valor calórico em kJ foi calculado segundo valor exposto pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), onde 1 kcal é equivalente a 4,184kJ.

3.2.6.3 Determinação de minerais

As amostras foram trituradas em gral de porcelana, com auxílio de pistilo, pois os moedores tradicionais poderiam promover interferência em função de serem compostos por ligas metálicas. Após trituradas, foram digeridas em sistema acidificado nitro-perclórico e determinou-se o teor dos minerais ferro, potássio, cálcio, magnésio, manganês, fósforo, zinco, cobre e sódio segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (BRASIL, 2010), através de leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. Foram feitas três leituras somente da água deionizada (branco) a fim de descartar possíveis contaminações metálicas.

3.2.7 Compostos bioativos

3.2.7.1 Determinação de fenóis totais

Os fenóis totais foram determinados pelo método proposto por Nasar-Abbas (2008), preparando-se o extrato pela pesagem de 2 gramas de amostra em tubo Falcon de 50mL e a ele adicionando-se 20mL de solução de acetona 70%, mantendo-se à 25°C em banho-maria sob agitação por 24 horas. Transcorridas 24 horas em banho-maria, as amostras foram centrifugadas a 4000rpm durante 10 minutos à temperatura de 10°C . Coletou-se o sobrenadante e o mesmo foi colocado em tubo para análise. Adicionou-se 0,02mL do extrato e ajustou-se o volume para 0,5mL com água destilada, acresceu-se 0,25mL de *Folin-Ciocalteau*, mantendo as

amostras por período de 8 minutos em ausência de luz. Transcorrido esse período, acrescentou-se 1,25 mL de solução de carbonato de sódio 20%, seguido de agitação em vortex, sendo mantidas as amostras em repouso por 2 horas no escuro. Realizou-se leitura em espectrofotômetro a 725nm de comprimento de onda. Os resultados obtidos da leitura espectrofotométrica foram calculados a partir da curva de calibração e os resultados finais expressos em mg ácido tânico.g⁻¹ em base seca.

3.2.7.2 Determinação de fenóis simples

Os fenóis simples foram determinados por metodologia proposta por Nasar-Abbas (2008). O extrato foi preparado utilizando-se 0,1g de polivinilpolipirrolidona (PVPP), 1mL de água destilada e 1mL do extrato preparado para determinação de fenóis totais. Após agitação em vortex, o extrato foi mantido em geladeira a 4°C por 30 minutos. Transcorrido este período em baixa temperatura, agitou-se novamente em vortex e centrifugou-se a 7000rpm por 20 minutos a 10°C, posteriormente coletou-se o sobrenadante. A fim de determinar os fenóis simples, adicionou-se 0,15mL de extrato de PVPP em tubo Falcon de 15mL, completando-se o volume para 0,5mL com água destilada e adicionou-se 0,25mL de *Folin-Ciocalteu*, com posterior repouso no escuro por 8 minutos. Após período em ausência da luz, acrescentou-se 1,25mL de solução de carbonato de sódio (20%) agitando brevemente em vortex; colocando-se em ambiente escuro por 2 horas e realizando-se a leitura em espectrofotômetro a 725nm. Os resultados de absorvância foram equacionados e os teores de fenóis simples expressos em mg ácido tânico.g⁻¹ de amostra seca.

3.2.7.3 Determinação de antocianinas totais

A determinação de antocianinas totais foi feita com base na técnica descrita por Abdel-Aal et al. (2003). Pesou-se 2g de amostra moída de lentilha, colocou-se em balão volumétrico de 100ml e acrescentou-se 50 mL de solução etanólica acidificada pH 1,0, após, fez-se homogeneização por 30 minutos, centrifugando-se

por 20 minutos a 7500rpm. O equipamento de espectrofotometria foi zerado com etanol acidificado pH 1,0 em comprimento de onda para absorvância de 530 nm. Os teores de antocianinas foram expressos em mg de cianidina 3-glicosídeo equivalentes por 100g de base seca.

3.2.7.4 Determinação da Capacidade Antioxidante - Método DPPH

A determinação da capacidade antioxidante dos grãos de lentilha foi realizada de acordo com o método denominado 2,2-difenil-1-picril-hidrazila, popularmente conhecido como DPPH, adaptado de Brand-Williams et al. (1995). Os valores de DPPH foram expressos em micromol de Trolox equivalente por grama de lentilha, sendo que para ajuste dos resultados das análises foi feita curva de calibração de Trolox, onde a faixa de linearidade da curva de calibração foi de 100-2000 μ M. Esta é uma metodologia bastante empregada, cujo princípio se alicerça na capacidade de um composto com potencial antioxidante presente na amostra em transferir elétrons para os radicais livres 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

A fim de realizar o teste, preparou-se o extrato, pesando-se 0,8 g de amostra e acrescentando-se a ela 10 mL de etanol p.a., seguido de centrifugação a 6000 rpm por 10 minutos. Preparou-se a solução padrão de DPPH dissolvendo-se 0,021g de DPPH em etanol p.a.. Após, diluiu-se esta solução através da retirada de 10ml da mesma e a esta quantidade acrescidos 22mL de etanol p.a..

Conferiu-se a absorvância da solução diluída de DPPH a 515nm, a fim de a mesma estar entre $1,1 \pm 0,02$. Para a realização da leitura adicionou-se 0,5mL de extrato em tubo Falcon de 15ml coberto com papel alumínio, no qual já havia 3mL de etanol p.a. e 0,3mL da solução diluída de DPPH. A leitura em 515nm foi realizada em espectrofotômetro após 45 minutos em repouso. O resultado foi calculado com base na leitura, sendo este valor aplicado à curva de calibração previamente determinada.

3.2.7.5 Determinação da Capacidade Antioxidante - Método ABTS

Foi verificada a capacidade antioxidante pela aplicação do método de 2,2´azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico), também conhecido por método de ABTS, sendo o método realizado de acordo com o descrito por Re e Philip (1999). A solução de uso foi feita através da adição de 0,088mL de persulfato de potássio a 4,912mL de solução padrão de ABTS. A formação do radical ABTS se dá pela reação de 2,45mM de persulfato de potássio com 7mM de 2,2´azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico), após 16 horas em temperatura de 25°C e sem presença de luz.

Diluiu-se 1mL da solução contendo o radical ABTS em 90mL de etanol e ajustou-se absorvância até $0,70 \pm 0,05$ utilizando comprimento de onda de 734nm, em adaptação da metodologia proposta por Kuskoski et al. (2004). Utilizou-se o mesmo extrato feito para o método de DPPH, adicionando em tubos Falcon de 15ml. a amostra (0,1mL) e 3,9mL da solução diluída de ABTS.

Agitou-se em vortex brevemente e transcorridos 6 minutos (tempo necessário para que a reação se processe), efetuou-se a leitura de absorvância em espectrofotômetro com 734nm de comprimento de onda. Os resultados obtidos da leitura espectrofotométrica foram colocados na curva de calibração e os resultados finais expressos em $\mu\text{Mol Trolox.g}^{-1}$ (RICE-EVANS et al., 1996). Cabe ressaltar que o espectrofotômetro foi zerado com etanol p.a..

3.2.8 Fatores antinutricionais

3.2.8.1 Determinação de taninos

O teor de taninos totais foi obtido segundo metodologia proposta por Nasar-Abbas (2008), realizando cálculo de diferença entre os valores reais de compostos fenólicos totais e compostos fenólicos simples. Os resultados foram expressos em $\text{mg ácido tânico.g}^{-1}$ de amostra em base seca.

3.3 Análises estatísticas

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva e os resultados foram apresentados com média e erro padrão no material suplementar. Posteriormente, os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; homoscedasticidade pelo teste de Hartley; e à independência dos resíduos por análise gráfica.

3.3.1 Análise de componentes principais (ACP)

A análise conjunta com todas as determinações foi realizada por análise multivariada, utilizando o método dos componentes principais. O critério de descarte de variáveis (Componentes Principais - CPs) utilizado foi recomendado por Jolliffe (2002). Este critério estabelece que um número de componentes principais deve ser retido que inclua pelo menos entre 70 e 90% da variação total. Após a seleção do número de CPs, foram obtidos seus respectivos autovalores, com seus correspondentes autovetores. O procedimento gráfico adotado foi o biplot (HAIR et al., 2009). A presença de correlações entre as variáveis dependentes do estudo foi analisada pelo coeficiente de correlação de Pearson (r).

3.3.2 Metodologia da superfície de resposta

A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) (BOX e BEHNKEN, 1960) foi utilizada para analisar o efeito da combinação de três fatores explicativos: temperatura (15, 25 e 35 °C) (x1), umidade (10, 12 e 14%) (x2) e tempo de armazenamento (0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias) (x3) para as variáveis independentes selecionadas dos autovetores responsivos da análise de componentes principais (ângulo de matiz, fenólico total, antocianinas totais e ABTS). Os valores foram relacionados às variáveis codificadas (xi, i = 1, 2 e 3) por um polinômio de segundo grau. A forma geral do polinômio de segunda ordem usado para ajustar as respostas medidas foi:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (3)$$

onde y é a variável dependente; b_0 é a constante do modelo; b_1 , b_2 e b_3 são os coeficientes lineares; b_{11} , b_{22} e b_{33} são os coeficientes quadráticos e b_{12} , b_{13} e b_{23} são os coeficientes para os efeitos de interação e X_i é um valor codificado sem dimensão de x_i (variável independente).

A qualidade do ajuste do modelo foi baseada em: (a) baixos resíduos; (b) um baixo valor p ; (c) um baixo desvio padrão; (d) alto coeficiente de determinação (R^2) e R^2 adj. e (e) o teste de falta de ajuste para o modelo através da análise de variância (ANOVA) usando o procedimento de Regressão da superfície de resposta (RSREG). O teste de falta de ajuste foi projetado para determinar se o modelo selecionado é adequado para descrever os dados observados ou se um modelo mais complicado deveria ser usado, mas mostrou-se adequado. O teste estatístico do modelo foi realizado pelo teste estatístico de Fisher. A robustez do modelo foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2) ou teste-F.

3.3.3 Otimização simultânea

Durante a otimização várias variáveis de resposta que descrevem as características da qualidade geralmente precisam ser otimizadas. Algumas dessas variáveis deveriam ser maximizadas, enquanto outras deveriam ser minimizadas. Em muitos casos, essas respostas competiram; isto é, melhorar uma resposta pode ter um efeito oposto em outra, o que pode dificultar as apresentações de resultados. Neste trabalho, as respostas previstas pelos modelos foram otimizadas por meio da “metodologia de otimização da desejabilidade” (DERRINGER, 1994). A abordagem da função desejabilidade é um dos métodos mais amplamente utilizados para a otimização de várias respostas. A abordagem geral é primeiro converter cada resposta (y_n) em uma função de conveniência individual (d_n). A escala de conveniência varia de 0 a 1, onde, se a resposta estiver em seu objetivo ou destino, $d_n = 1$ e se a resposta estiver fora de uma região aceitável, então $d_n = 0$. Cada resposta será padronizada nas funções desejadas d_n do tipo:

$$d_n = h_n(y_n) \quad (4)$$

onde n é o número total de respostas na medida. Derringer e Suich (1980) usaram a seguinte função desejada modificada:

$$d_n = \begin{cases} & \text{if } y_n \leq y_n^{\min} \\ \left(\frac{y_n - y_n^{\min}}{y_n^{\max} - y_n^{\min}} \right)^r & \text{if } y_n^{\min} \leq y_n \leq y_n^{\max} \\ & \text{if } y_n \geq y_n^{\max} \end{cases} \quad (5)$$

onde y_n^{\min} é o valor mínimo aceitável de y_n , y_n^{\max} é o valor máximo considerado desejável e r é a constante positiva. Se $r = 1$, o d_n aumenta linearmente à medida que y_n aumenta; se $r > 1$, o d_n muda mais rapidamente em direção a y_n^{\max} e se $r < 1$, o d_n muda menos rapidamente em direção a y_n^{\max} . As funções de desejo individual das respostas consideradas são então combinadas para obter o desejo geral D , definido como a média geométrica do desejo individual. As funções de conveniência individual das respostas consideradas são então combinadas para obter a conveniência geral D , definida como a média geométrica da conveniência individual.

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_n)^{1/n} \quad (6)$$

onde $0 \leq D \leq 1$, um alto valor de D indica as funções mais desejáveis e melhores do sistema, consideradas as soluções ideais desse sistema. Os valores ótimos dos fatores são determinados a partir do valor das funções individuais desejadas que maximizam D .

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão apresentados estatisticamente em duas contextualizações: primeiramente em gráficos de regressão para melhor visualização dos pontos-chaves em cada variável do estudo, e em segundo momento, com avaliações de correlação para melhor elucidação, de forma mais clara e pormenorizada, da correlação dos fatores de armazenamento (tempo x temperatura x umidade) com as alterações dos parâmetros tecnológicos, bioquímicos e nutricionais do vegetal, bem como, a representação da influência dos parâmetros avaliados sobre si e sobre os demais.

Os resultados encontrados para a avaliação da massa de 100 grãos das amostras estudadas são apresentados na Figura 6.

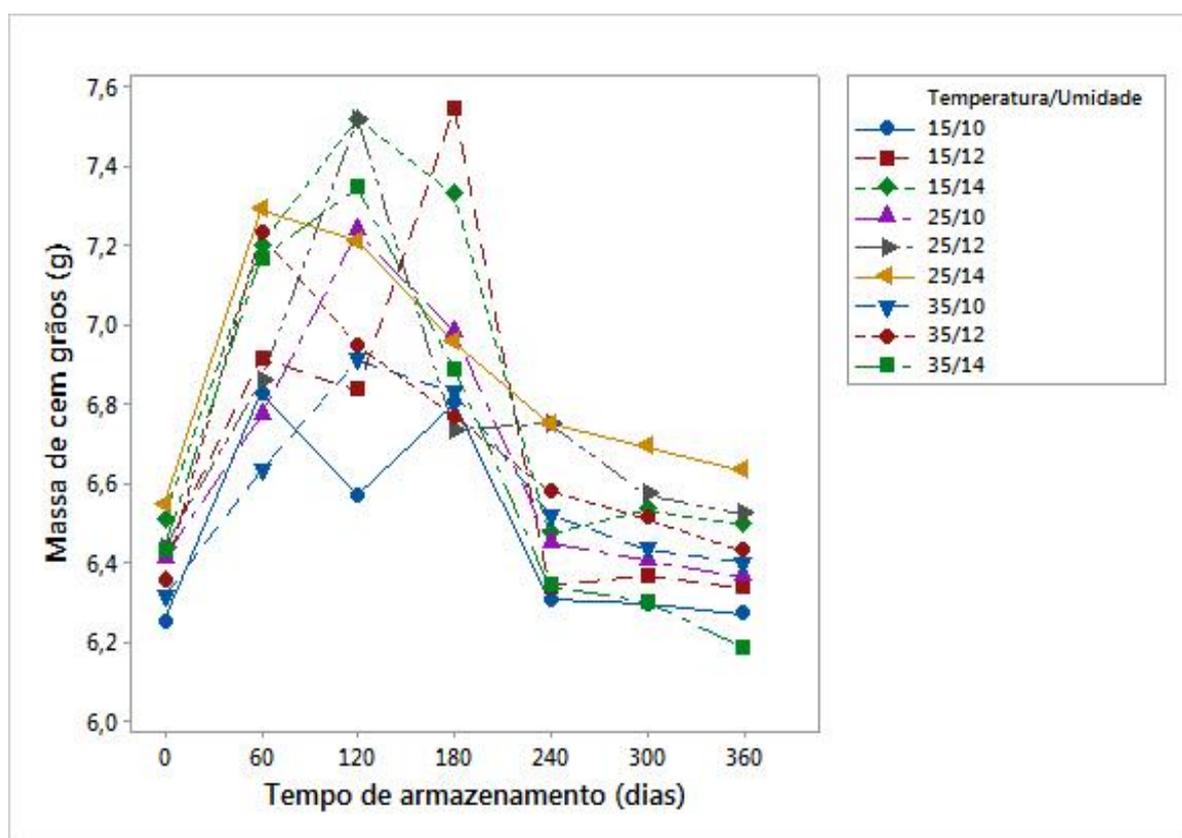


Figura 06. Massa em gramas (g) de 100 grãos para todos os tratamentos.

O peso de 100 grãos estabeleceu-se entre 6,18 e 7,54g. A Figura 06 mostra que houve um pequeno aumento do peso para todas as amostras até o dia 180 com armazenamento a 15°C, o que pode ser explicado pela troca de umidade entre os

grãos mais jovens, bem como, por não terem sido embaladas à vácuo, pode ter havido absorção de umidade do ar existente na embalagem após fechamento.

Observa-se ainda neste sentido que a partir dos 180 dias de armazenamento a 35°C houve redução do peso, o que indica elevada atividade metabólica dos grãos para se adaptarem ao processo de armazenamento, utilizando, sobretudo, sua constituição orgânica para tal fim (Informações Suplementares - S7, S8 e S9). A redução no peso dos grãos reflete perdas quantitativas que impactam diretamente a economia. É prática comum entre os produtores armazenar grãos até o momento em que a economia dos países oferece um preço de venda mais alto, trazendo maior rentabilidade.

No entanto, é possível que, devido ao processo ineficiente de armazenamento, os grãos percam peso (principalmente devido à perda de água) e, conseqüentemente, seu valor comercial e qualidade sejam significativamente reduzidos. Nesse sentido, o presente trabalho responde a uma das questões mais importantes em relação ao armazenamento, que é a manutenção das características que permitem a venda a preços capazes de atingir as margens de lucro adequadas à manutenção das propriedades. Corroborando esses dados, estudos revelam que a redução no peso pode ser explicada pelo consumo metabólico de matéria seca como proteínas, carboidratos e lipídios (FERREIRA et al., 2018; DEMITO et al., 2019).

Corroborando estes dados, estudos revelam que a redução do peso pode ser explicada pelo consumo metabólico de matéria seca (MUIR e WHITE, 2000) como proteína, carboidratos e lipídios (ZAMBIASI, 2015). Ainda segundo Zambiasi (2015) a perda de massa dos grãos pode ser consideravelmente grande no armazenamento, sobretudo em virtude de ser um processo de deterioração irreversível. Este processo gera perdas econômicas bastante significativas.

Considerando-se a umidade de armazenamento, observa-se ainda que para quase todas as amostras o peso acompanhou os teores de umidade, ou seja, grãos armazenados com 14% apresentaram maior peso do que os armazenados com 10% de umidade dentro de um mesmo bloco amostral de tempo e temperatura. Considera-se ainda a redução de peso de maior significância observada nos grãos armazenados por 360 dias a 35°C com 14% de umidade inicial. Zhang et al. (2008)

em estudo com lentilha vermelha armazenada por 120 dias relatam incremento no peso de 100 grãos com o aumento da temperatura e umidade, todavia, com tempo inversamente proporcional ao peso. Haerberlin (2017) em estudo com canola armazenada com 8, 10, 12 e 14% de umidade expõe que ao final do experimento de 180 dias houve decréscimo do peso de mil grãos, não relatando influência significativa da temperatura de armazenamento sobre o peso de mil grãos ao final do experimento.

Logo, os grãos deste estudo podem ser considerados como grandes, pois segundo expõem Kumar et al. (2013) em sua pesquisa com lentilha verde, o peso de 100 grãos foi $\geq 4,5g$ caracterizando a lentilha como 'grãos graúdos'.

Outro parâmetro de classificação é a medida da área, apresentada nas Figuras 07 e 08, com as avaliações de diâmetro e espessura, respectivamente.

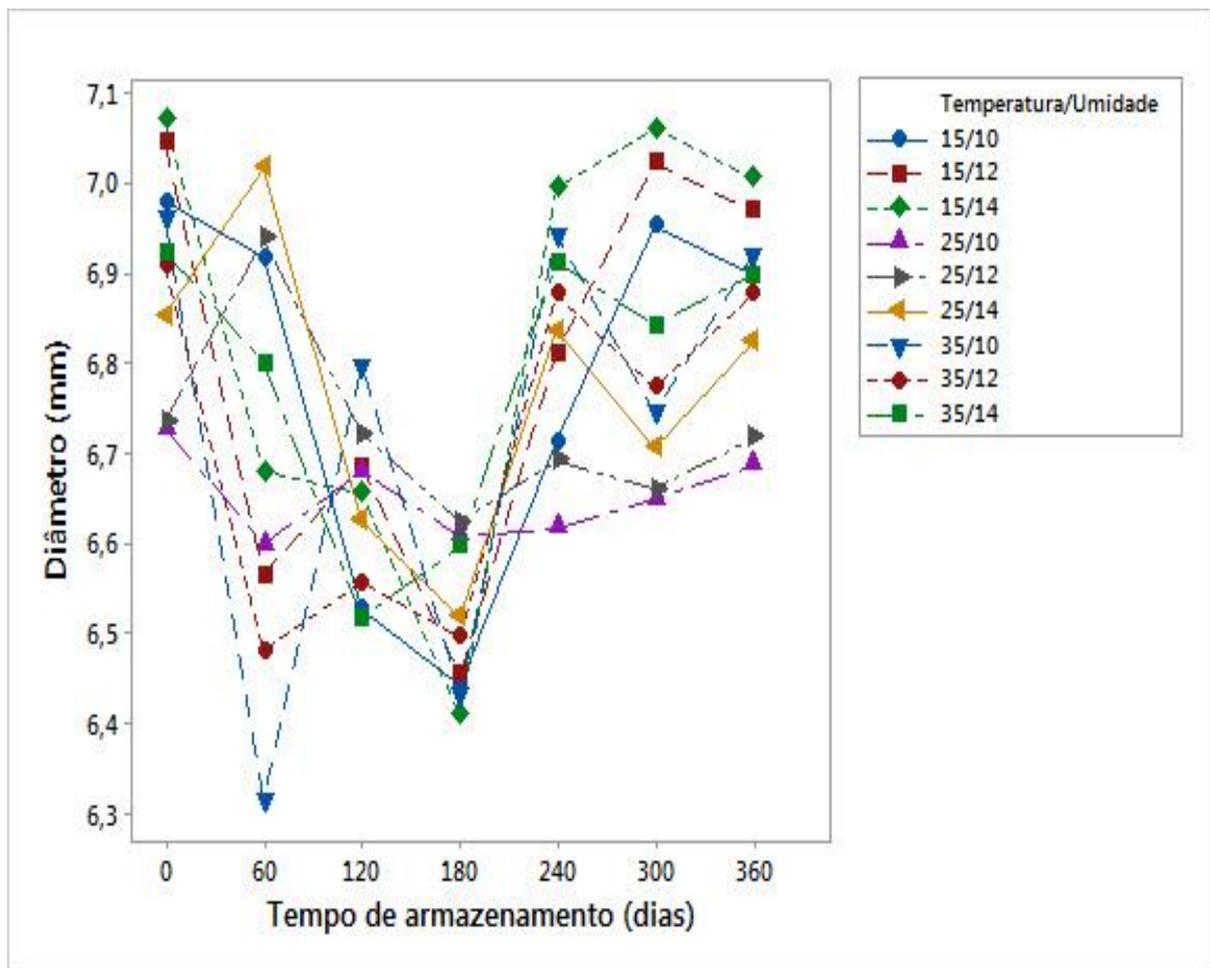


Figura 07. Diâmetro (mm) dos grãos para todos os tratamentos.

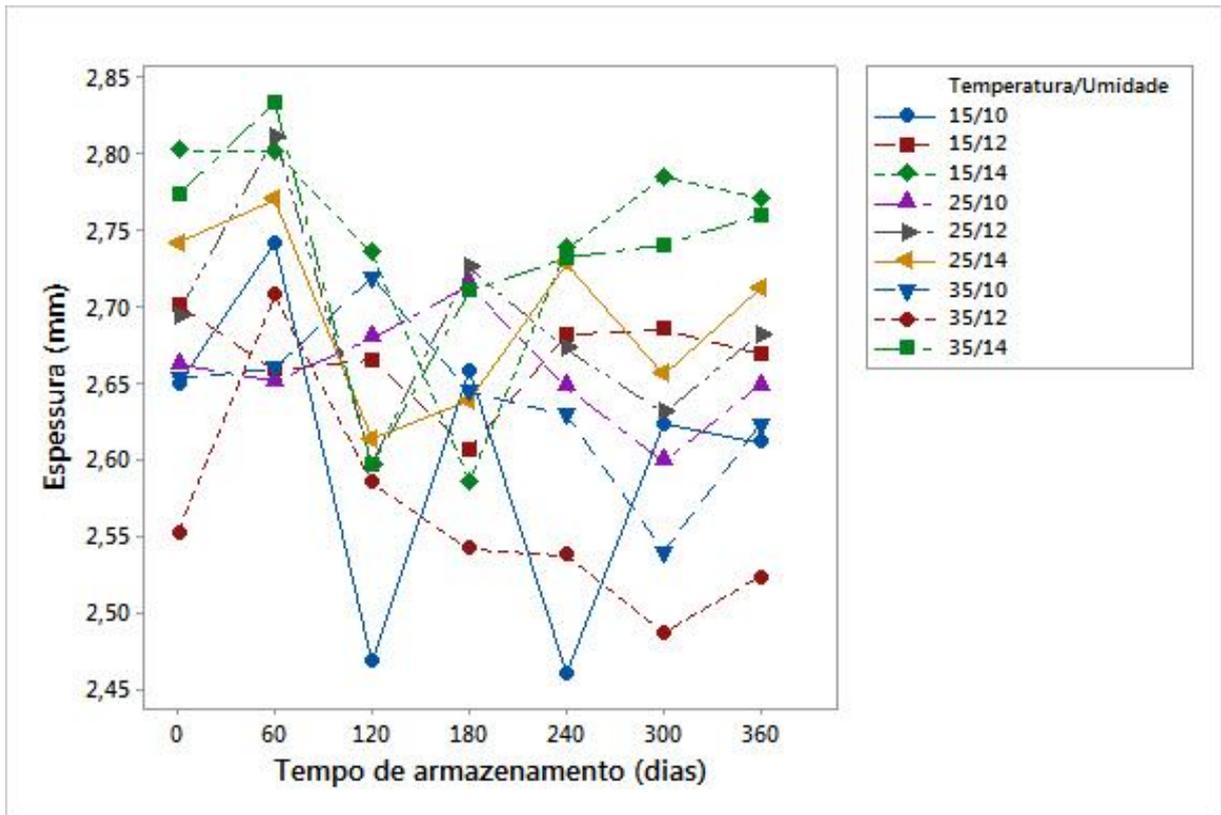


Figura 086. Espessura (mm) dos grãos para todos os tratamentos.

Ainda no sentido da classificação por tamanho e peso, as medidas de diâmetro mantiveram-se entre 6.31 e 7.07mm (Figura 15), onde não se observou padrões até o 180º dia de armazenamento. Todavia, após 240 dias os grãos denotaram, dentro de cada grupo de “tempo de armazenamento”, aumento do diâmetro proporcional ao aumento da temperatura e umidade.

A Figura 09 representa a diferença de tamanho encontrada nos grãos deste experimento.



Figura 097. Tamanho mínimo e máximo encontrado nos grãos.
Fonte: Próprio autor.

A legislação brasileira (BRASIL, 1993) traz padrões de classificação para grãos de lentilha, onde quando na massa de grãos no mínimo 95% estiverem com diâmetro acima de 6mm, considera-se lentilha graúda. Kumar et al. (2013) expõem que 100 grãos escolhidos aleatoriamente apresentando diâmetro $\geq 6\text{mm}$, classificar-se-á esta lentilha como grande.

Os grãos apresentaram grande variação de espessura, não se observando, pela análise visual da Figura 16, correlação direta com as condições de armazenamento. Todavia, esta variação é explicada pelo fato de a espessura ser o parâmetro de alteração morfológica mais observado em fabáceas quando relaciona-se a outras medidas. No caso da lentilha, várias são as orientações possíveis para tal observância, como por exemplo, elevada atividade metabólica, aumento da absorção/dessorção de umidade, ou mesmo, crescimento ainda não exposto de processo radicular. Logo, observa-se que todos os grãos deste estudo são enquadrados como graúdos, segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1993) e o proposto por Kumar et al. (2013).

No Brasil a Portaria Nº 65 de 16 de fevereiro de 1993 determina normas para identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação de lentilha, onde são apresentados os parâmetros de classificação quanto ao tamanho. Todavia, quanto à coloração, apenas se considera alterações de cor quando se está avaliando as

avarias dos grãos. Porém, a coloração é um parâmetro de extrema importância e que deve ser levado em consideração na avaliação da qualidade dos grãos.

Neste estudo se avaliou a luminosidade (L^*), a tendência entre verde e vermelho (a^*) e entre azul e amarelo (b^*). Também se avaliou a saturação da cor, apresentada como Croma e a tonalidade ou, expressa pelos valores do ângulo Hue ($^{\circ}$ Hue). Neste sentido, o conhecimento sobre as alterações físicas e visuais de cor é de extrema importância para a compreensão das condições capazes de garantir a manutenção da qualidade visual do grão, podendo ser também correlacionadas com parâmetros nutricionais e tecnológicos

A Figura 10 traz os valores de luminosidade (L^*) para todas as amostras.

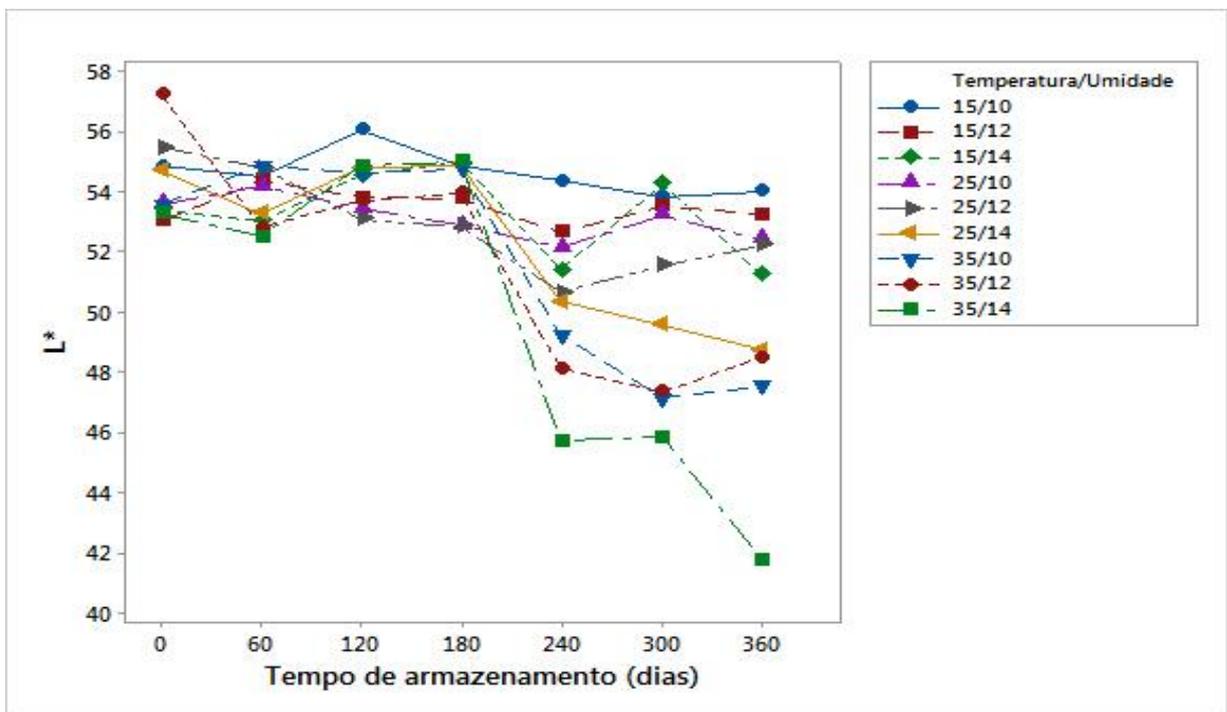


Figura 80. Luminosidade (L^*) dos grãos durante o armazenamento.

Ao avaliar a luminosidade dos grãos expressa na Figura 10, observa-se que não houve variação até os 180 dias de armazenamento, havendo leve redução após este período, sobretudo para as amostras armazenadas com maior temperatura. A luminosidade tegumentar é um dos parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos de lentilha, logo, sua diminuição pode trazer a ideia de perda de qualidade, reduzindo a preferência deste grão.

Os aumentos da temperatura associados ao maior tempo e umidade de armazenamento promoveram intensa redução da luminosidade dos grãos (Figuras 11 e 12), explicada pelo aumento da ativação do metabolismo secundário por estimulação causada pelo estresse metabólico. Em estudo com variedades de lentilha vermelha, Opoku et al. (2009) identificaram clareamento para um genótipo armazenado por 11 meses, anteriormente secos à 70°C, dados não compartilhados neste estudo.



Figura 11. Grãos antes do armazenamento à 25°C e umidade de 12%.
Fonte: Próprio autor.



Figura 12. Grãos após 360 dias de armazenamento à 25°C e umidade de 12%.
Fonte: Próprio autor.

Zambiasi (2015) encontrou em seu estudo com feijão, valor inicial de luminosidade (59,86) superior ao relatado neste estudo (média 52,56) em todas as amostras. Em estudo com grãos de canola, Haeblerlin (2017) relata a influência da temperatura e da umidade no clareamento de grãos de canola armazenados, trazendo ainda uma correlação da coloração com o crescimento fúngico. Logo, pode-se entender que a alteração tecnológica de cor é fato diretamente relacionado com as condições de armazenamento do grão, o que, inevitavelmente, reduz a

preferência por parte do consumidor. Todavia, há de se considerar que grãos escuros tendem ao clareamento, e grãos claros, ao escurecimento.

A lentilha aqui utilizada é do genótipo verde, logo, analisar a tendência ao verde ou vermelho (a^*) tornou-se uma das mais importantes avaliações aqui realizadas, sendo os resultados apresentados na Figura 13. A avaliação colorimétrica que compreende o espectro de cor entre amarelo e azul (b^*) foi também avaliada com o objetivo de verificação de tendências que pudessem ser correlacionadas com outros parâmetros, sobretudo, tecnológicos. Os resultados de b^* para todo o experimento estão representados na Figura 14.

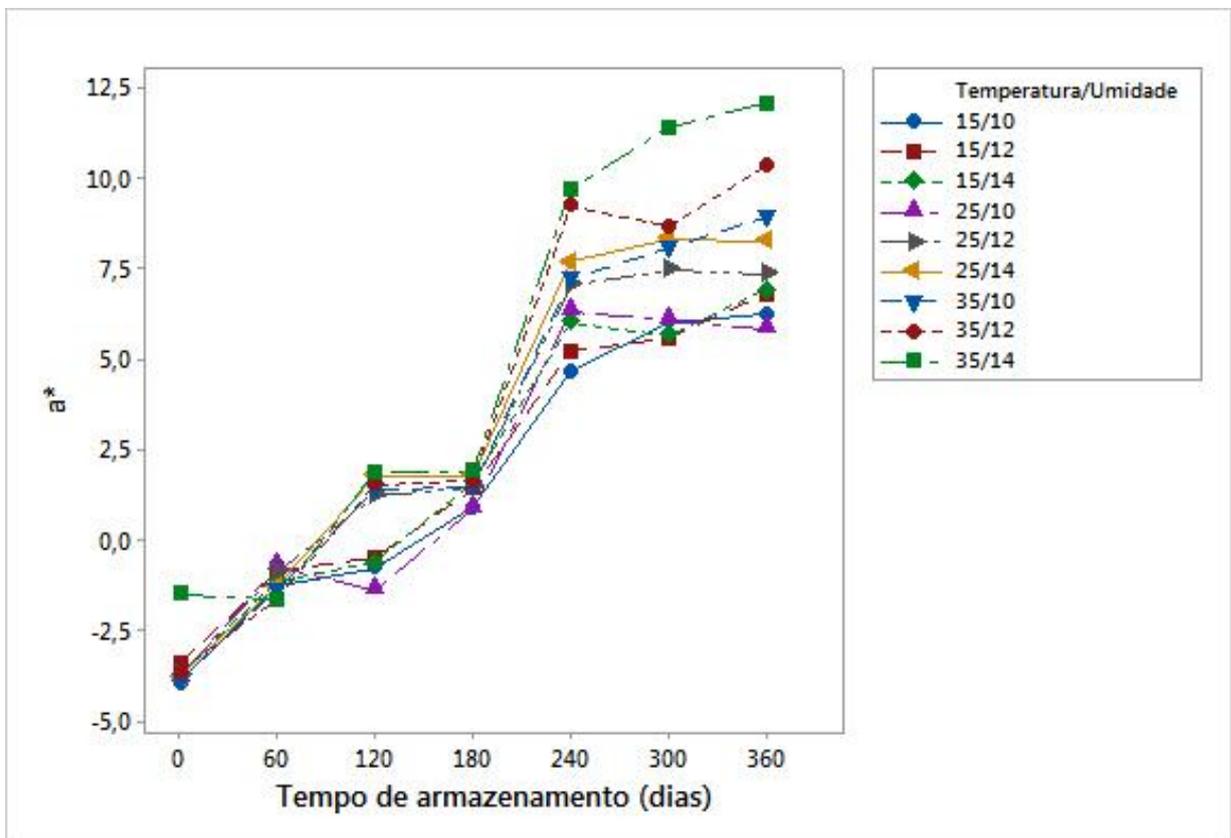


Figura 13. Dados colorimétricos com espectro do verde ao vermelho (a^*) nos grãos armazenados.

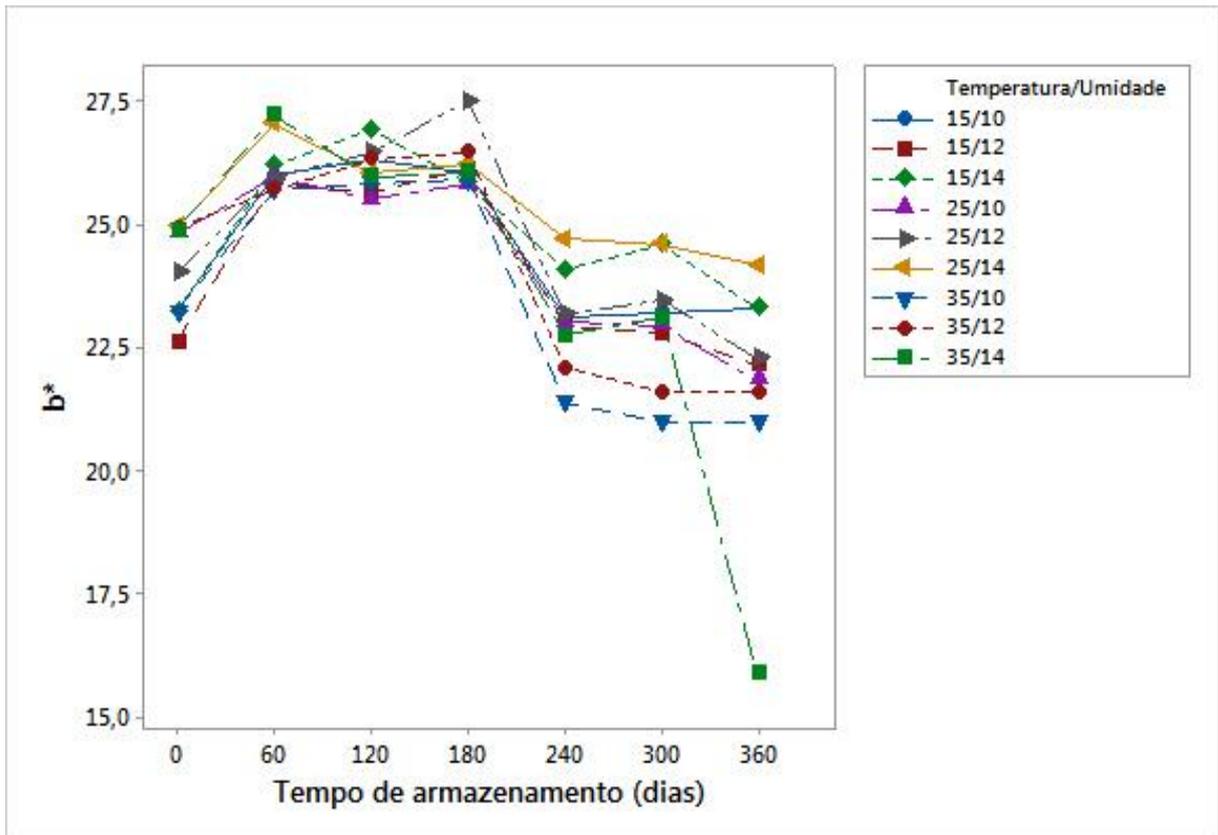


Figura 14. Dados colorimétricos com espectro do azul ao amarelo (b^*) nos grãos armazenados.

Os grãos apresentaram coloração tegumentar inicial verde, porém, ao longo do armazenamento a tonalidade vermelha (marrom avermelhado) foi evidenciada, sendo que, esta tendência acompanhou o aumento da temperatura e da umidade de estocagem, bem como, foi diretamente proporcional ao tempo, conforme observa-se a representação na Figura 13. A inclinação ao vermelho deve-se à presença de compostos fenólicos, aumentados em decorrência do estresse metabólico promovido pela armazenagem, conferindo acentuação de cor vermelha, conforme observado nas Figuras 13 e 14. Ao passo que a coloração se inclinava ao vermelho, também foi observada, com tendência ao amarelo entre o dia 60 e o dia 180 (Figura 14), havendo, após 6 meses de armazenamento o decréscimo do valor de b^* , indicando escurecimento convergente à cor azul.

Autores como Opoku et al. (2009) relatam além da tonalidade vermelha, a cor castanho claro, castanho, castanho escuro e marrom. Todavia, pelos cálculos de $^{\circ}$ Hue e Croma neste trabalho se utiliza, sobretudo, a designação de coloração avermelhada. Cabe ressaltar que a lentilha verde usada neste estudo recebe essa

designação em função da cor de seu tegumento (verde), já os seus cotilédones são de tonalidade amarelada, todavia, como os grãos não foram despeliculados, toda a avaliação colorimétrica aqui exposta se refere ao tegumento, logo, a tendência referencial para estas lentilhas é a cor verde.

Kumar et al. (2013) também relatam que o armazenamento promove escurecimento cromático de lentilha verde, conduzindo o tegumento à tonalidade marrom. Ainda segundo estes autores, este é um importante fator de seleção dos grãos pelo consumidor. Opoku et al. (2009) compartilham deste pensamento, expondo que lentilhas de tonalidade inclinada ao marrom apresentam baixa qualidade, logo, de significativa influência na aceitabilidade do consumidor.

O escurecimento durante o armazenamento em elevada temperatura e umidade pode ainda estar relacionado com o endurecimento dos grãos para cozinhar. Em estudo com lentilhas verdes, Liads (2001) relata que estes grãos estocados em armazéns com temperatura e umidade elevados apresentaram aumento no tempo necessário para completo cozimento. O aumento do tempo de cocção configura-se como um dos parâmetros tecnológicos mais importantes e considerados pelos consumidores na hora da escolha do produto. Desta forma, condições de armazenamento que garantam baixo tempo de cocção trazem significativas vantagens tecnológicas para os grãos.

As características de cor são de extrema importância, podendo ainda ser avaliadas de forma mais detalhada e específica, quanto à saturação da cor, indicando tendência à clarificação ou escurecimento tegumentar, ou mesmo, quanto ao matiz, que traz uma apropriação particular do quadrante de coloração em que o grão se encontra.

Os valores de Croma e °Hue estão representados nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

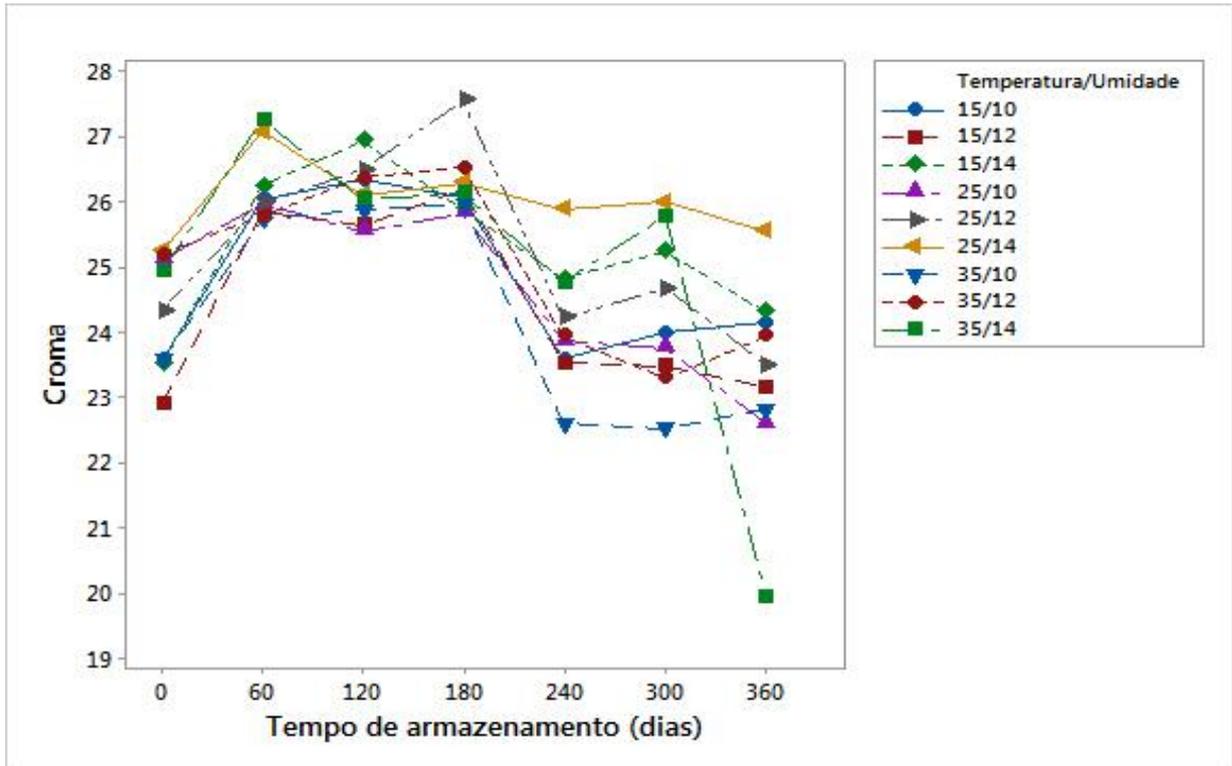


Figura 15. Saturação da cor (Croma) dos grãos durante o armazenamento.

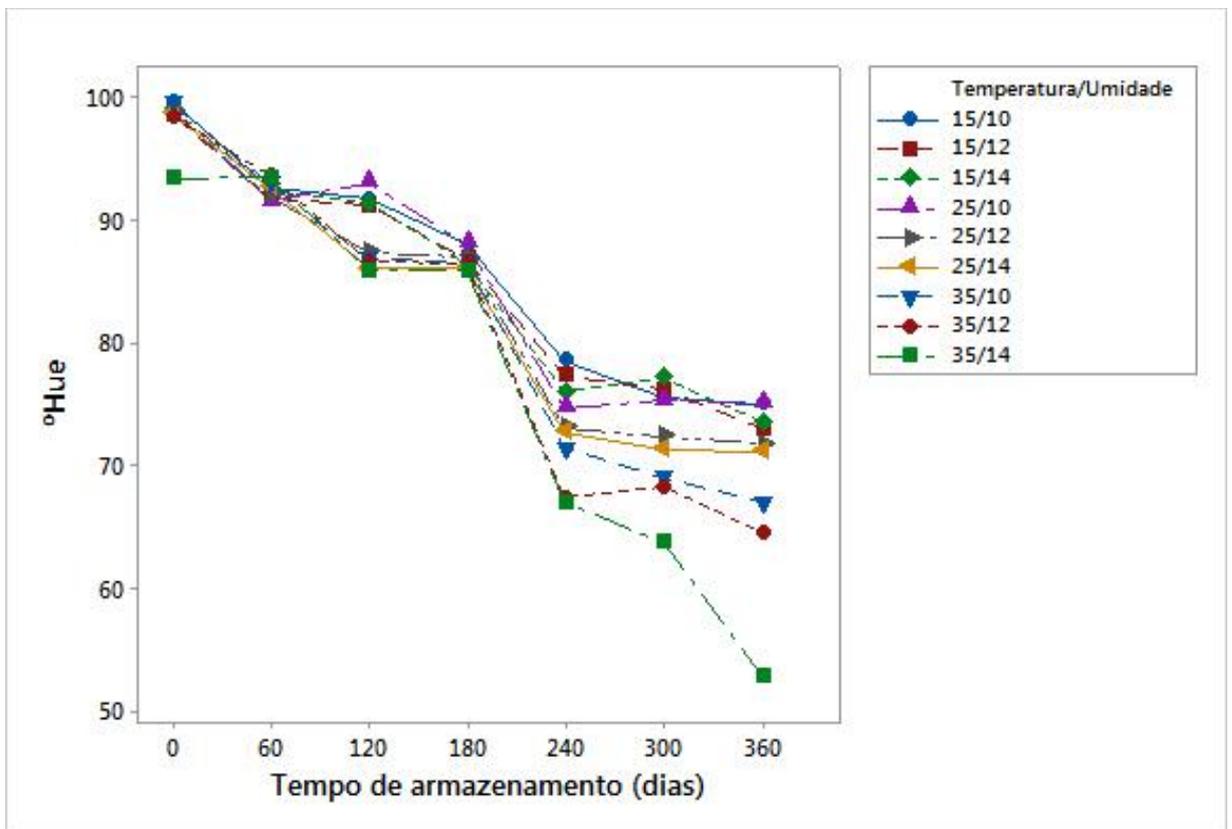


Figura 169. Matiz colorimétrica (°Hue) dos grãos durante o armazenamento.

Quanto à saturação da cor, representada na Figura 15 pelo croma, observou-se tendência ao cinza a partir dos 240 dias de armazenamento. Este escurecimento está diretamente relacionado à elevação da atividade metabólica, onde a utilização de carboidratos e o aumento da formação de fenólicos estão relacionados aos aspectos de coloração.

Já no que tange ao matiz, valores de °Hue próximos a 90 nos indicam tonalidade amarela, e valores próximos a zero são indicativos de tom vermelho. Logo, a determinação do ângulo Hue, cujos resultados estão expressos na Figura 16, mostram tendência ao avermelhado com o aumento da umidade, da temperatura e do tempo de armazenamento. Os valores de *b, já apresentados, são confirmados pelos valores de °H, onde se observa essa inclinação ao vermelho (Figura 13) quanto maior o tempo, temperatura e umidade de armazenamento. Esta alteração colorimétrica pode ser explicada pelo aumento da síntese metabólica de fenóis totais e possível ação de oxidoredutases que apresentam ação antioxidante frente ao estresse promovido pelo armazenamento e condições às quais foram submetidos os grãos.

Estes dados colorimétricos vêm ao encontro do apresentado por Mills et al. (1999), que expõem a elevada umidade associada a altas temperaturas como fator determinante na rápida alteração de coloração de lentilhas armazenadas, o que para Sravanthi et al. (2013), pode reduzir a qualidade do grão. Embora os dados deste estudo sejam claros no que tange à influência das condições de armazenamento nos parâmetros de coloração do grão, para Figueira et al. (2009) não há, para feijões pretos, significativa alteração da coloração por influência da natureza do armazenamento.

Zambiasi (2015) traz, todavia, relato de influência direta de temperatura de 30°C na coloração (luminosidade) tegumentar de *Phaseolus vulgaris* L., promovendo redução de sua qualidade. Já para Lopes (2011), a redução da luminosidade é intimamente influenciada pelo tempo de armazenamento e temperatura deste processo, corroborando com os dados aqui expostos.

Neste caso da lentilha é possível considerar que as alterações observadas no grão, o são de fato vislumbradas por serem estes de tonalidade mais clara, diferente de alguns fenótipos de feijão preto que tem suas nuances colorimétricas pouco

variáveis pela intensidade do roxo/preto a ele inata. Ainda pode-se considerar, conforme Rios (2002) o aumento de compostos fenólicos associado à ação de das enzimas polifenoloxidase e peroxidase como fatores de promoção do escurecimento dos grãos, sobretudo em tegumentos claros. O Canadá apresenta uma recomendação de classificação de lentilhas pela sua cor, através da utilização de um guia de cores já aprovada para uso (CANADIAN GRAIN COMISSION, 2008). Este padrão classificatório também é trazido por Joshi et al. (2017), sendo importante demonstrativo de qualidade tecnológica para lentilha.

O teor de umidade para todos os tratamentos é apresentado na Figura 17.

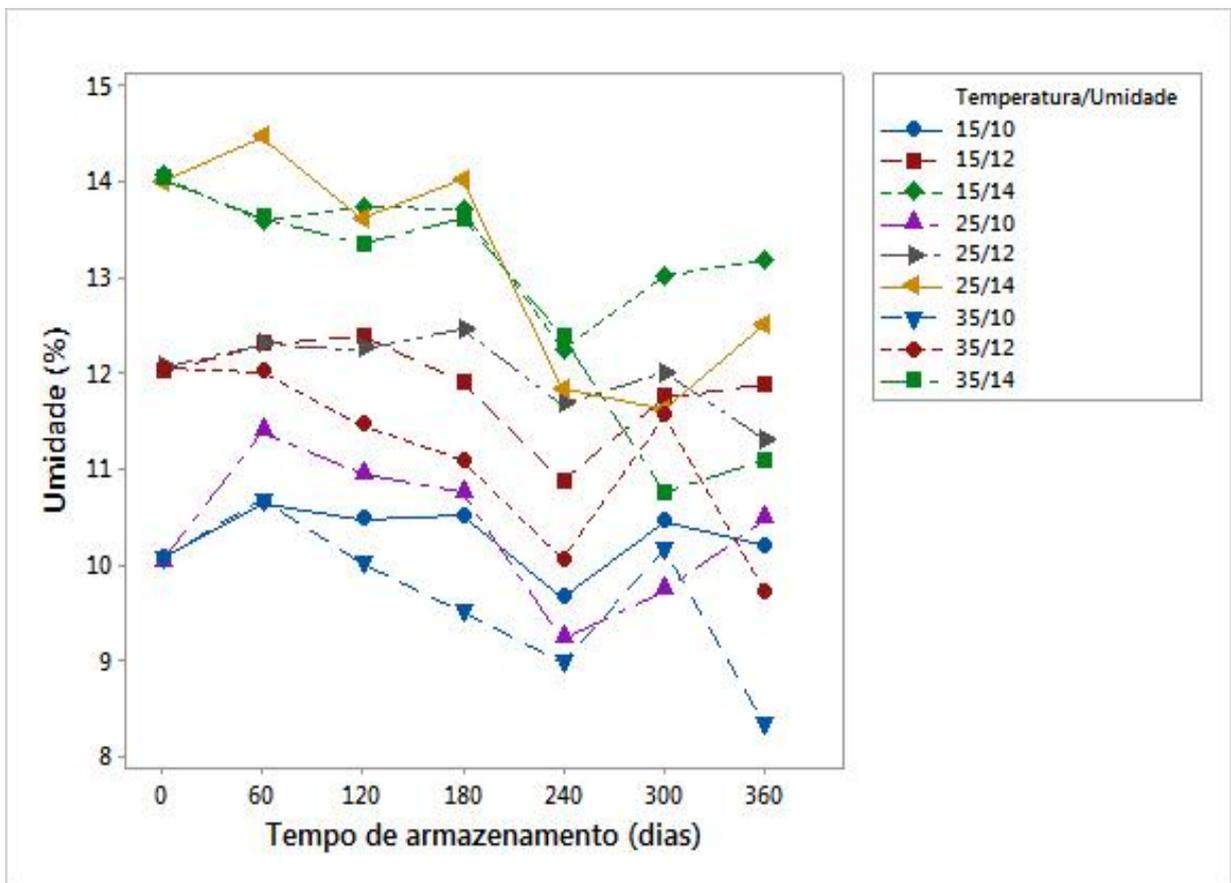


Figura 17. Umidade (%) das amostras ao longo ao armazenamento.

Os grãos podem ficar armazenados nas embalagens de polietileno no comércio por diversos meses, expostos a diferentes condições de temperatura, luminosidade e umidade (sobretudo quando as embalagens não são devidamente seladas) e segundo Sravanthi et al. (2013) diversos fatores contribuem para

alterações nos grãos durante o armazenamento, havendo destaque para a umidade e temperatura. Frente ao exposto, a avaliação do teor de umidade ao longo do armazenamento se faz necessária, sobretudo, pela higroscopicidade dos grãos (ZAMBIASI, 2015).

O teor de umidade da lentilha variedade verde acompanhou a tendência inicial, conforme se observa na Figura 23 para cada grupo de temperatura, sendo que com o passar do tempo em armazenamento a umidade reduziu consideravelmente, sobretudo nas amostras acondicionadas a $\geq 25^{\circ}\text{C}$.

Zhang et al. (2008) em estudo com lentilha vermelha traz dados que vêm ao encontro do aqui exposto, relatando que após 60 dias de armazenamento os grãos com maior umidade inicial tiveram decréscimo em sua quantidade total de água.

Todavia, esses resultados são contrários aos apresentados por Sravanthi et al. (2013) em estudo com lentilhas vermelhas armazenadas por 16 semanas, onde os autores relataram que em baixa umidade inicial (10 e 12,5%) e temperatura de 10 e 20°C , ao final de 8 a 11 semanas o teor de umidade aumentou. Essa diferença observada entre este trabalho e o citado anteriormente é explicada pelo genótipo e forma de armazenamento, visto que aqui utilizou-se a lentilha verde, mais consumida no Brasil, armazenada em embalagens de polietileno seladas hermeticamente, realidade experimental não compartilhada com o referido autor.

As sementes de lentilha são altamente higroscópicas, facilmente trocando umidade com o ambiente (HASAN et al., 2017), buscando sempre o equilíbrio de água do grão com o meio (ZIEGLER et al., 2017). Sua higroscopicidade se deve sobretudo por terem pequena área, mas grande superfície de contato, além de um tegumento com razoável permeabilidade, que conforme relatado por Barbosa (2010), influencia na absorção de água. Os fenômenos de absorção e dessorção de água são dependentes também da pressão de vapor, que quando superior na semente em relação ao ar ambiente, promove saída do vapor de água do grão para o meio externo, o que diminui a umidade dos grãos (SILVA et al., 1995) e conseqüentemente, o peso, sendo intimamente relacionados com a temperatura de armazenamento. Neste sentido, a selagem hermética é um fator que influencia no teor de umidade dos grãos durante o armazenamento, visto que não permite troca

de ar com o meio externo, em detrimento do que ocorre no sistema semi-hermético utilizado por Ziegler et al. (2017) em estudos com arroz.

Esta redução de umidade ao longo do tempo, observada neste estudo, indica uma intensa atividade metabólica dos grãos, que utilizam água para seus processos bioquímicos fundamentais. Corroborando com esses dados, Bragantini (2005) relata que a respiração celular é intensificada se houver incremento de umidade, porém, ao passar do tempo, a redução poderá ser identificada em função dos gastos metabólicos.

Outro fator que explica este dado é a higroscopicidade das fabáceas, que as fazem, segundo Figueira et al. (2009) eliminar partículas de água para o ambiente. Ainda neste sentido, como a embalagem era hermeticamente fechada, o vapor de água se manteve em contato com os grãos mesmo sendo expelido por eles. Dessa forma se reafirma a intensa atividade metabólica da lentilha, com conseqüente consumo de água.

Em pesquisa com feijões armazenados por 120 dias com 3 diferentes umidades e temperatura de 15°C, Figueira et al. (2009) também observou padrão decrescente de umidade, o que, corroborando com este estudo, indica que os grãos fabáceos apresentam tendência de a reduzirem no armazenamento. Ainda segundo Figueira et al. (2009), a umidade, assim como a temperatura intergranular, é um parâmetro de extrema importância no estudo dos grãos, pois sua interação pode promover acometimento por insetos ou mesmo por microrganismos e fungos que podem ocasionar alterações significativas, sobretudo, biológicas, que de acordo com Haeberlin (2017), motivam perdas.

Considerando neste estudo o sistema hermeticamente fechado em que a lentilha foi acondicionada, não se observou nenhum dos agentes deteriorantes acima citados, o que evidencia a eficiência do processo de armazenamento em embalagens de polietileno devidamente seladas à quente. O armazenamento fora de embalagens fechadas de forma hermética, com associação de elevada temperatura e umidade, pode ocasionar o aparecimento de fungos em poucas semanas, como relatado por Sravanthi et al. (2013) em estudo com lentilhas vermelhas.

Logo, para este estudo pode-se inferir, que houve influência positiva do armazenamento em pequenas embalagens seladas, impedindo contaminação

oriunda do meio externo, visto que não foi evidenciado crescimento de mofo ou quaisquer outros tipos de fungos nos grãos. Sravanthi et al. (2013) relatam aparecimento de fungo visível em amostras de lentilha vermelha armazenada sob elevada temperatura e umidade após 3 semanas de estocagem.

Armazenando lentilhas verdes por 15, 30 e 45 dias, Hasan et al. (2017) relatam intenso crescimento fúngico, sobretudo nos grãos armazenados em sacos de ráfia, sendo este fator diretamente proporcional ao tempo de armazenamento. Já Zambiasi (2015) em avaliação inicial de amostras de feijão observou a existência de 3 fungos comuns na pós colheita, não sendo estes achados compartilhados por este estudo.

Embora afirme não ser baseado em nenhum estudo detalhado, Sravanthi et al. (2013) sugere que 13% de umidade seria o ideal para o armazenamento de lentilha. Ainda que se considere o baixo teor de umidade como fator importante na manutenção da qualidade biológica e sanitária dos grãos, cabe ressaltar que, conforme exposto por Parde et al. (2002), sua redução acentuada pode aumentar as chances de danos mecânicos, sobretudo, na colheita e operações posteriores.

O teor de umidade está relacionado não somente com fatores químicos, mas também com alterações físicas. Embora as avaliações de avarias não fossem objetivo do trabalho, se torna importante esta exposição, visto que os grãos utilizados no estudo não apresentaram avarias durante o armazenamento, se mantendo com a total integridade.

Haeberlin (2017) em estudo com canola relata que grãos armazenados com umidade 12 e 14% tiveram redução de danos por quebra e amassamento, enquanto estas avarias foram evidenciadas em armazenamento a 8 e 10% de umidade. Todavia, ainda segundo a autora, amassamento e quebra de grãos podem ser inversamente proporcionais ao acometimento por fungos. A redução da umidade pré-armazenamento também pode inferir avarias aos grãos após a estocagem, onde a quebra pode ser acentuada (OPOKU et al., 2009).

Com base no exposto para umidade, é fundamental encontrar um valor ideal, nem baixo que promova quebra e outras avarias, nem alto que propicie crescimento fúngico e alterações, dessa forma, evitando perdas, pois como afirma Resende

(2008), valores acima do recomendado também promovem prejuízos tecnológicos significativos.

Considerando a principal característica da lentilha que é a sua composição proteica, sendo assim classificada, a manutenção do teor de proteína no armazenamento se torna um dos mais importantes fatores a ser considerado no que tange aos parâmetros tecnológicos do grão, pois diminuição deste constituinte basal empobreceria nutricionalmente o grão.

O teor de proteína total presente nos grãos durante o armazenamento é apresentado na Figura 18.

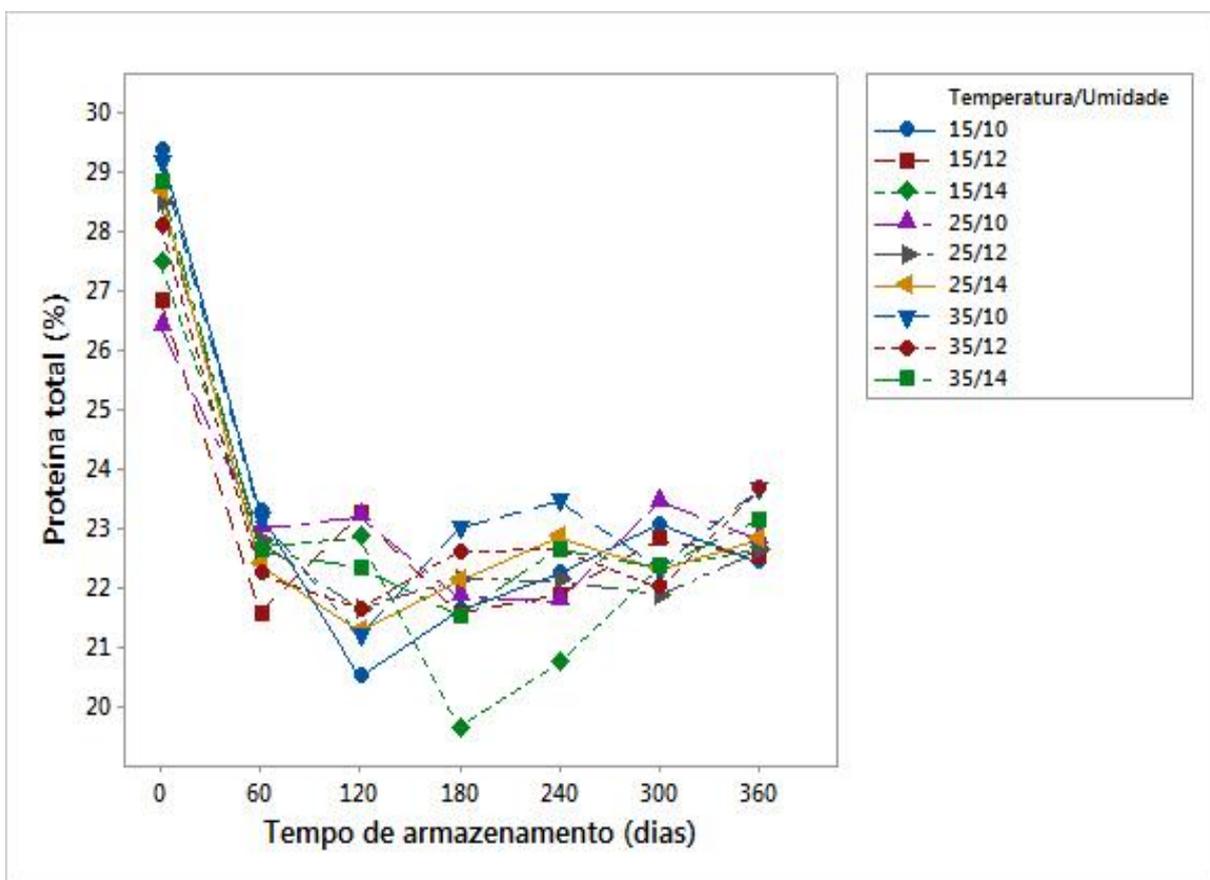


Figura 18. Efeito no teor de proteína (%) dos grãos durante o armazenamento.

O teor de proteína total dos grãos decresceu até o dia 60, porém, manteve-se constante ao longo do armazenamento, conforme observado pela exposição na Figura 18. O valor médio para proteína do dia 60 ao dia 360 foi de 22,33%, valor inferior aos 27,3 e 25,9% relatado por Gharibzahedi et al. (2011) para lentilha verde

e vermelha, respectivamente, observando ainda a superioridade proteica para os grãos da variedade verde.

A redução observada no início do armazenamento origina-se da decomposição proteica promovida pelo calor, bem como, na precipitação de compostos nitrogenados possivelmente causada pelos fenóis simples e taninos.

Sravanthi et al. (2013) relataram não observar alterações significativas no teor de proteína total em lentilhas vermelhas armazenadas por 16 semanas. Em estudo também com lentilhas vermelhas, Zhang et al. (2008) relatam que grãos armazenados por 120 dias à 5°C com umidade inicial entre 9,62 e 11,31% têm decréscimo de proteína, enquanto o armazenamento por 60 dias à 25°C promove incremento deste composto nitrogenado.

Figueira et al. (2009) relatam padrão oscilatório do teor de proteína em seu estudo com feijão, porém, comparando o início e fim de seu experimento (120 dias), observou um decréscimo do teor dos compostos aminados para umidades de 15 e 18%, vindo de encontro ao exposto nesta pesquisa com *Lens culinaris*. Já Haeblerlin (2017) não encontraram variação no teor de proteínas de canola armazenada por 180 dias sob 3 temperaturas (7, 17 e 27°C) e quatro umidades (8, 10, 12, 14%).

Deve-se, no entanto, considerar que lentilha é um grão proteico, logo, sua base estrutural de compostos nitrogenados apresenta maior disponibilidade para os processos metabólicos do grão, que ocorrem com maior intensidade nas situações de estresse, como as submetidas neste estudo.

Assim como a proteína, os lipídios constituem importante fração dos grãos, sendo indicadores de qualidade sensorial e nutricional. Os teores de lipídios totais para todas as amostras durante armazenamento estão expressos na Figura 19.

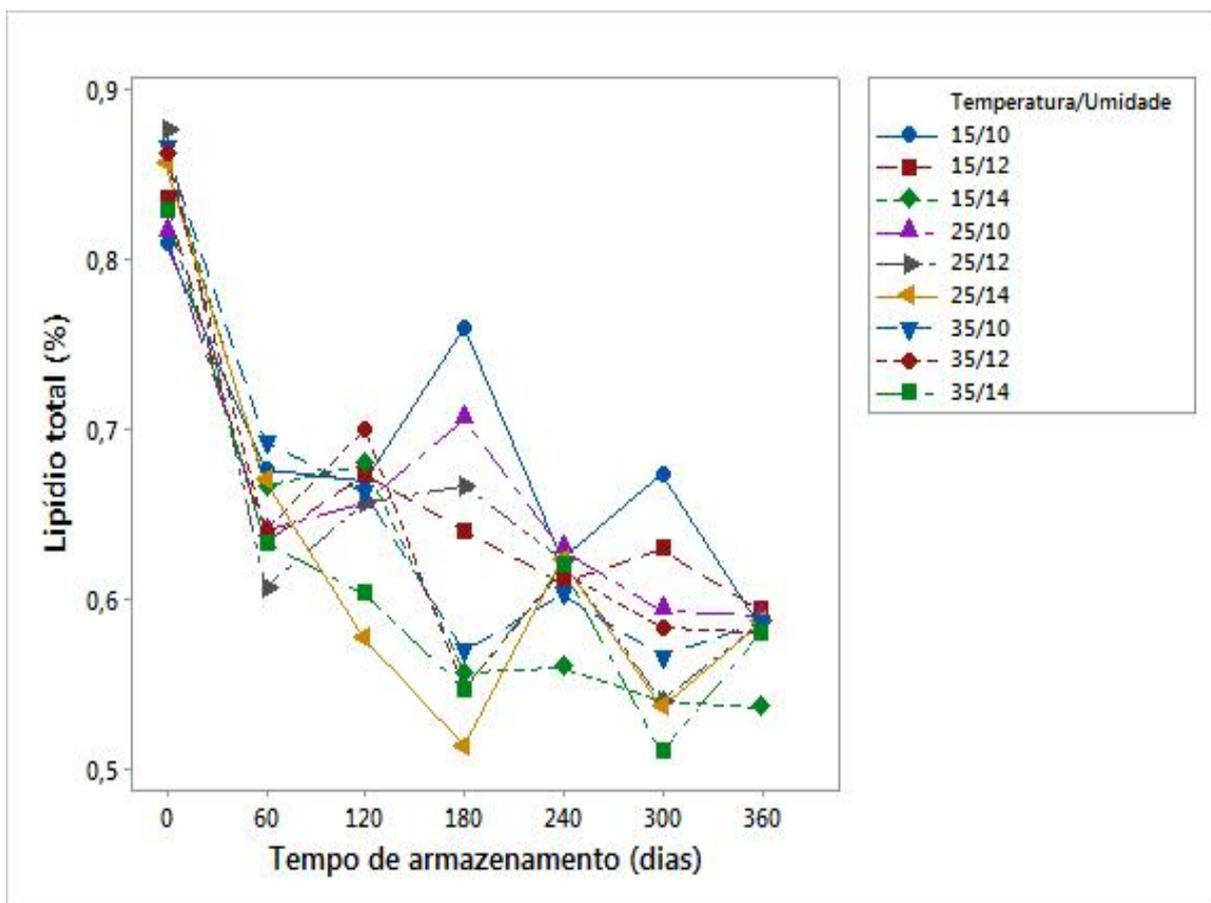


Figura 19. Efeito no teor de lipídios totais dos grãos durante o armazenamento.

O teor de lipídios dos grãos apresentou notória redução de forma geral do início ao fim do experimento, porém, dentro de cada período de armazenamento é observada importante oscilação de acordo com a umidade e a temperatura, conforme a Figura 19. Os valores mínimo (0,51%) e máximo (0,88%) são inferiores aos 2,5 e 2,7% trazidos por Gharibzahedi et al. (2011) para lentilhas verdes e vermelhas, respectivamente.

A temperatura elevada de forma isolada não se mostrou visualmente influente sobre a composição lipídica das lentilhas, vindo de encontro ao exposto por Zhou et al. (2002) em estudo com arroz armazenado por 12 meses, pois estes relatam influência direta da temperatura de 35°C na redução lipídica do grão. Em estudo com canola, Haeblerlin (2017) também relata expressiva redução do teor de lipídios ao final de seu experimento de 180 dias com destaque para os grãos armazenados em temperatura mais elevada (27°C).

A redução lipídica se deve a inúmeros fatores, dentre eles, segundo Rupollo et al. (2004), destacam-se os processos metabólicos intensos realizados pelos grãos, que utilizam componentes lipídicos para sua manutenção bioquímica. Estes dados expõem as diferenças existentes na composição e na utilização dos compostos lipídicos pelo metabolismo dos grãos, elucidando maior necessidade bioquímica destes componentes orgânicos em grãos proteicos.

Aos 180 dias, observa-se uma redução mais acentuada na amostra armazenada a 25°C com 14% de umidade, o que nos traz mais uma vez evidências da alta taxa metabólica dos grãos e, portanto, também do uso de lipídios em processos bioquímicos. Sua ascensão até o dia 240 pode ser interpretada como um aumento na produção hormonal, uma vez que o ácido abscísico (isoprenóide, da classe dos sesquiterpenos) também induz a síntese de lipídios, estabelecendo dormência no grão, evitando a dessecação e, conseqüentemente, garantindo sua vida e qualidade. Também está contemplada a liberação de giberelinas que promovem o aumento do uso de reservas lipídicas.

Dentre os compostos de interesse em grãos, as fibras recebem destaque pela sua funcionalidade estrutural no vegetal e fisiológica nos seres humanos. Os teores de fibra total dos grãos durante o armazenamento são apresentados na Figura 20.

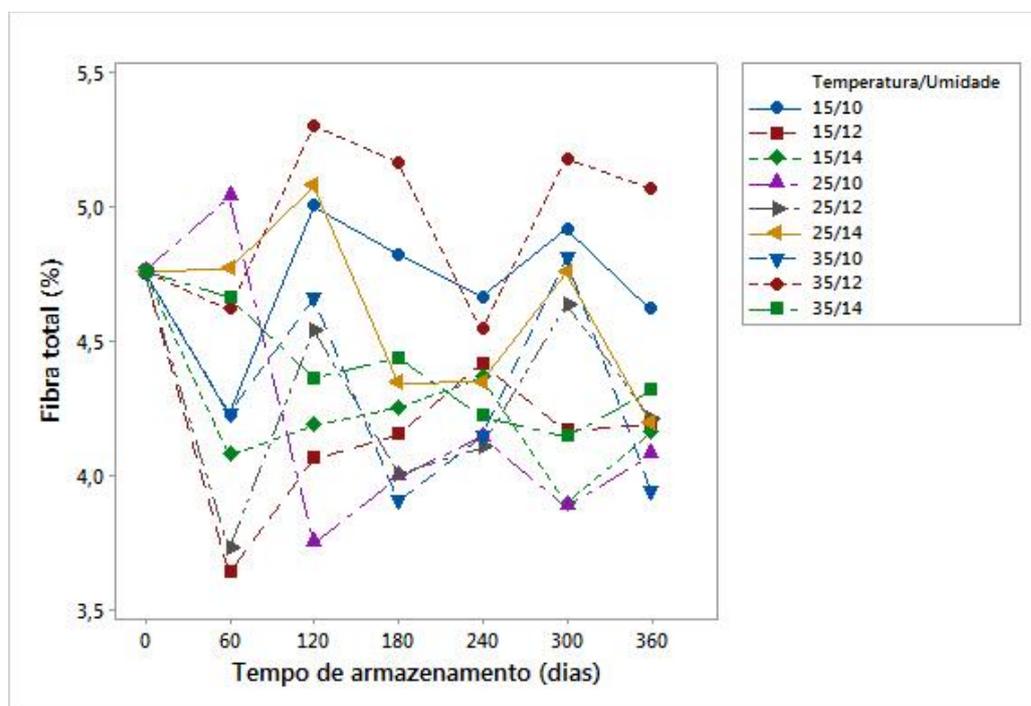


Figura 20. Efeito no teor de fibra total dos grãos durante o armazenamento.

Os dados de fibra total, expostos na Figura 20 não nos revelam padrão de aumento ou redução de seu teor, denotando invariabilidade de composição de acordo com as condições às quais foram expostos os grãos. Isso nos traz a expressão da grande estabilidade destes compostos durante o armazenamento, mantendo os grãos, independente do tratamento, como fontes de fibras segundo Brasil (2012), visto que neste estudo a média se estabeleceu em 4,44%. Este valor, porém, encontra menor do que o exposto pela TACO (2011) para lentilha *in natura*.

As fibras são importantes constituintes alimentares, sobretudo pela sua ação intestinal, que auxilia no peristaltismo entérico, e, portanto, auxilia na prevenção da prisão de ventre. Além desta ação das fibras, também a elas é atribuída a capacidade de permitir-se aderir por lipídios da dieta, o que reduz a absorção dos mesmos, e possui importância no auxílio da redução das taxas sanguíneas de lipoproteínas de baixa e baixíssima densidade, LDL e VLDL respectivamente.

Em alguns estudos a fibra total é correlacionada com o teor mineral do grão, sendo estes componentes inorgânicos capazes de manter-se nos grãos de maneira a garantir a correta funcionalidade de seu metabolismo. A composição inorgânica também toma importante lugar quando estudados os grãos fabáceos, sobretudo pela sua capacidade de fitorremediação mineral.

A composição mineral seca, também chamada de cinzas totais está expressa na Figura 21.

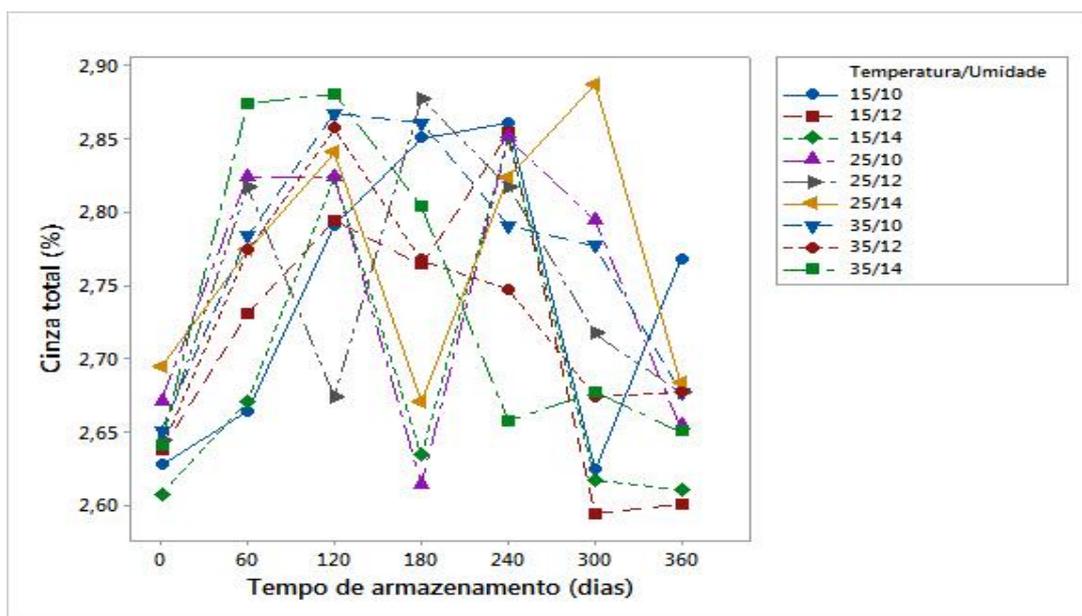


Figura 2110. Efeito no teor de cinzas totais dos grãos durante o armazenamento.

Em relação ao conteúdo mineral total, expresso pelo teor de cinzas secas do alimento, conforme apresentado na Figura 21, houve variação do valor entre 2,59 e 2,89%, revelando padrão inconstante, onde, todavia, o tempo se mostrou (graficamente) influente sobre este parâmetro, havendo crescimento até dia 120, depois, expressando queda (com exceção das amostras armazenadas com maior temperatura e analisadas em 300 dias). Os valores encontrados são inferiores aos 3,41% relatados por Gharibzahedi et al. (2011) para lentilha verde, e aos 3,98% expostos por Zambiasi (2015) para feijão.

A lentilha, assim como demais vegetais, não tem a capacidade de síntese mineral, logo, todo elemento inorgânico nela existente é oriundo da sua absorção do solo. O incremento no teor de cinzas observado até o dia 120 deve-se ao consumo de matéria orgânica, conforme também proposto por Bhattacharya e Raha (2002), pois há balanceamento da composição orgânica com a inorgânica.

Este fato é compartilhado por Salunkhe et al. (1985), pois ao estudar armazenamento de milho identificou pouca variação mineral, atribuindo isso ao fato de o grão consumir apenas matéria orgânica para sua manutenção metabólica. Esta avaliação pode-se mostrar não regular em resultados pelo fato de ser a lentilha um grão fitorremediador quando referido a minerais, tendo a capacidade de elevada absorção de metais do solo, armazenamento destes nos cotilédones e, sobretudo, no tegumento. Logo, a diferença de localização de plantio no solo produtor destas amostras é um fator importante a ser considerado para o entendimento desta avaliação. Todavia, não se pode obter a localização exata de cada planta, apenas a área de produção.

Figueira et al. (2009) em estudo com feijões também encontrou teor de cinza oscilante para as 3 temperaturas e 3 umidades nos grãos armazenados por 120 dias, corroborando com os achados deste estudo e reafirmando a não observância de padrões de cinzas secas para estas fabáceas de acordo com as condições de armazenamento. Todavia pode-se inferir a manutenção mineral durante o armazenamento. Haeberlin (2017) relata inexistência de variação do teor mineral em canola armazenada durante 180 dias em relação às temperaturas de 7, 17 e 27°C. Para Ziegler et al. (2017), o conteúdo mineral de arroz armazenado também não apresentou variação ao longo dos 180 dias de estocagem à 16, 24, 32 e 40°C. Em

estudo com feijões, Zambiasi (2015) relata padrão de preservação do conteúdo de cinza total.

Pode-se perceber, portanto, que por não haver a capacidade de síntese ou degradação mineral por parte da lentilha, a composição de cinzas totais se mostrou em elevação (Figura 27) até o dia 120 em função da maior atividade metabólica dos grãos. Ao eliminar umidade e consumir matéria orgânica neste período, promoveu-se maior concentração de conteúdo inorgânico em seu tegumento e cotilédones.

Dentre os parâmetros de qualidade dos grãos, além dos minerais e compostos orgânicos já citados, é de extrema importância conhecer o perfil carboidrático e energético, que acrescentam valor nutricional ao grão.

O conteúdo de carboidrato dos grãos está apresentado na Figura 22.

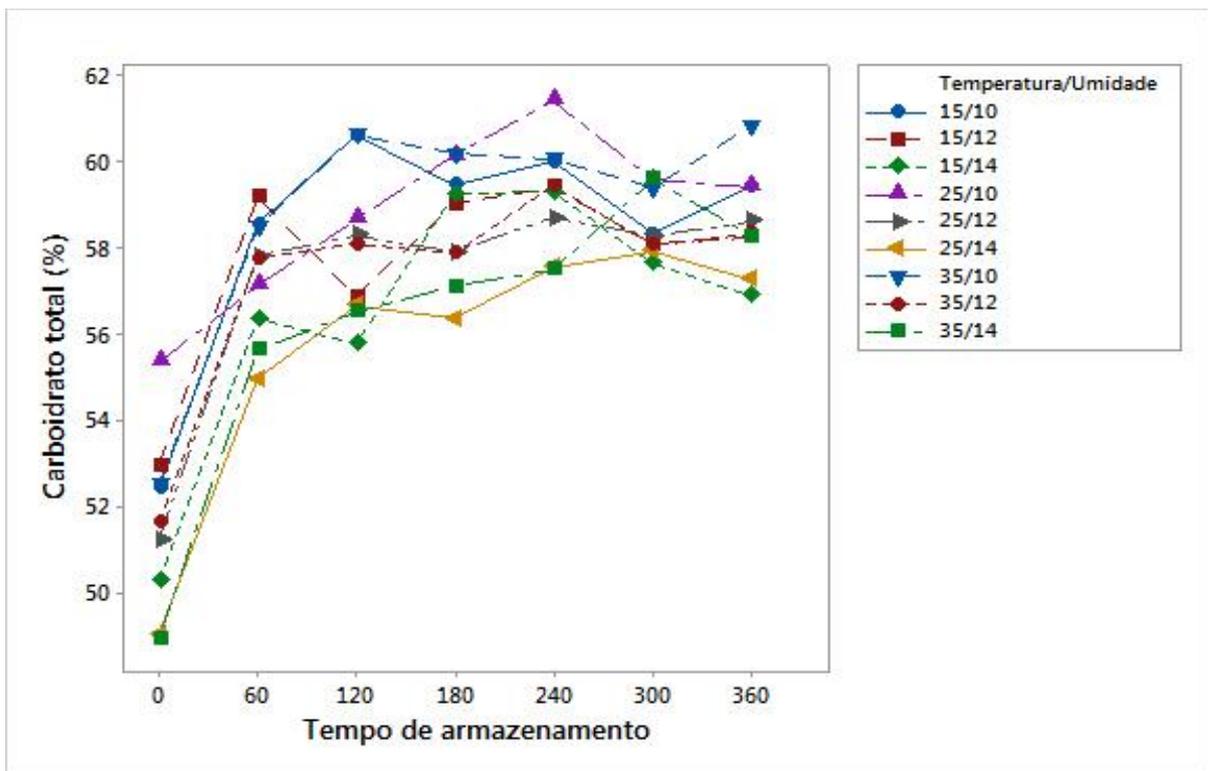


Figura 22. Efeito no teor de carboidratos totais dos grãos durante o armazenamento.

Os carboidratos totais tiveram leve crescimento a partir do período inicial das análises até os 60 dias de armazenamento, mantendo-se constantes até o final do experimento quando considerado o fator tempo (Figura 22). Em relação à variável umidade, observa-se de forma geral, que quanto menor o teor de água total do grão,

maior a quantidade de carboidratos totais, tendência que se manteve até o final do experimento. A temperatura, todavia, não se mostrou influente (em observação gráfica) sobre este parâmetro, o que pode ser explicado pela capacidade adaptativa dos grãos de lentilha, cuja versatilidade bioquímica é capaz de expressar inclinação à manutenção das reservas energéticas do grão, no caso, basicamente os carboidratos.

Ao estudar comparativamente lentilhas verdes e vermelhas, Gharibzahedi et al. (2011) observaram que os grãos da linhagem verde apresentam superioridade quanto ao conteúdo total de carboidratos. Isso configura a lentilha verde como um alimento potencialmente energético.

Todavia, contrário a esta pesquisa, em estudo com arroz, Ziegler et al. (2017) relataram que sob temperatura de 40°C em armazenamento o teor de carboidratos reduziu significativamente após 180 dias. Cabe ainda ressaltar que as diferenças serão sempre evidenciadas, visto que segundo Joshi et al. (2017), os grãos apresentam importantes diferenças químicas e nutricionais, o que influencia sua utilização na alimentação humana.

Os carboidratos, juntamente com o conteúdo lipídico e proteico estruturam a caracterização energética alimentar. Na lentilha, o valor energético é de especial importância devido a sua destinação, sobretudo, em países que contam com massas populacionais subnutridas.

Neste sentido as Figuras 23 e 24 trazem os resultados de kcal e kJ, respectivamente, dos grãos armazenados.

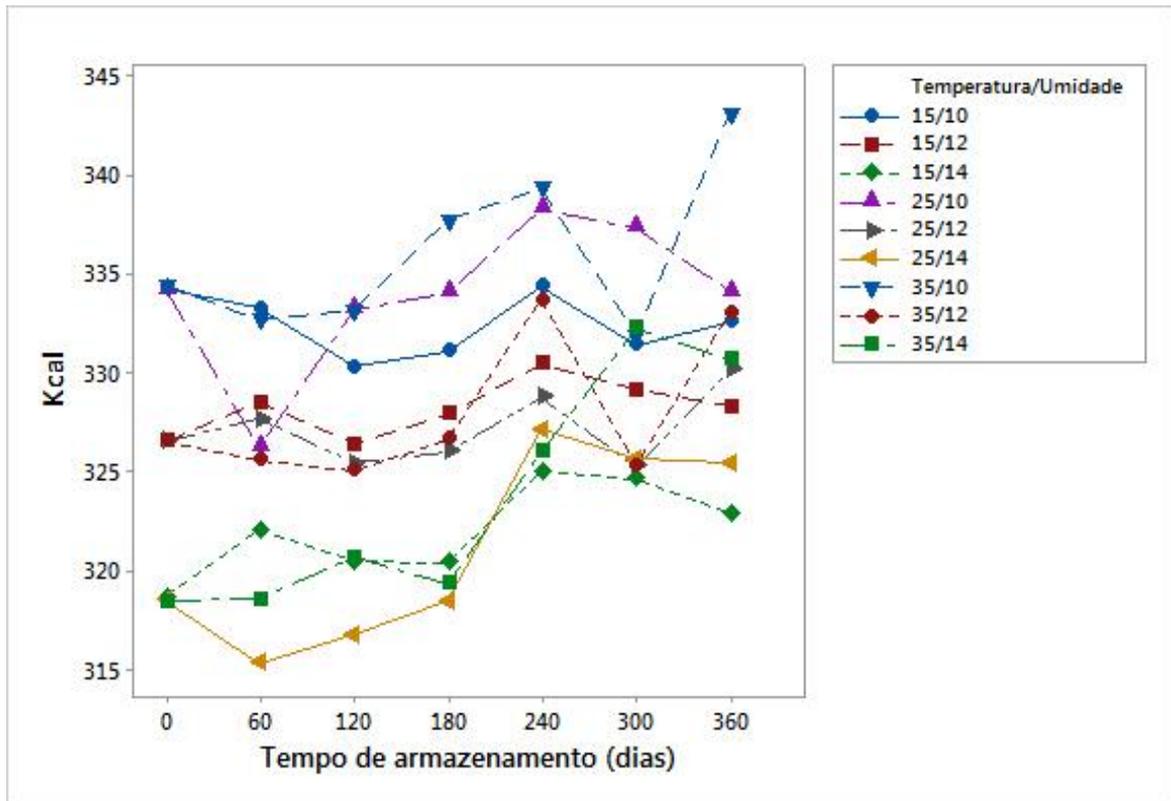


Figura 23. Valor energético em kcal para os grãos armazenados.

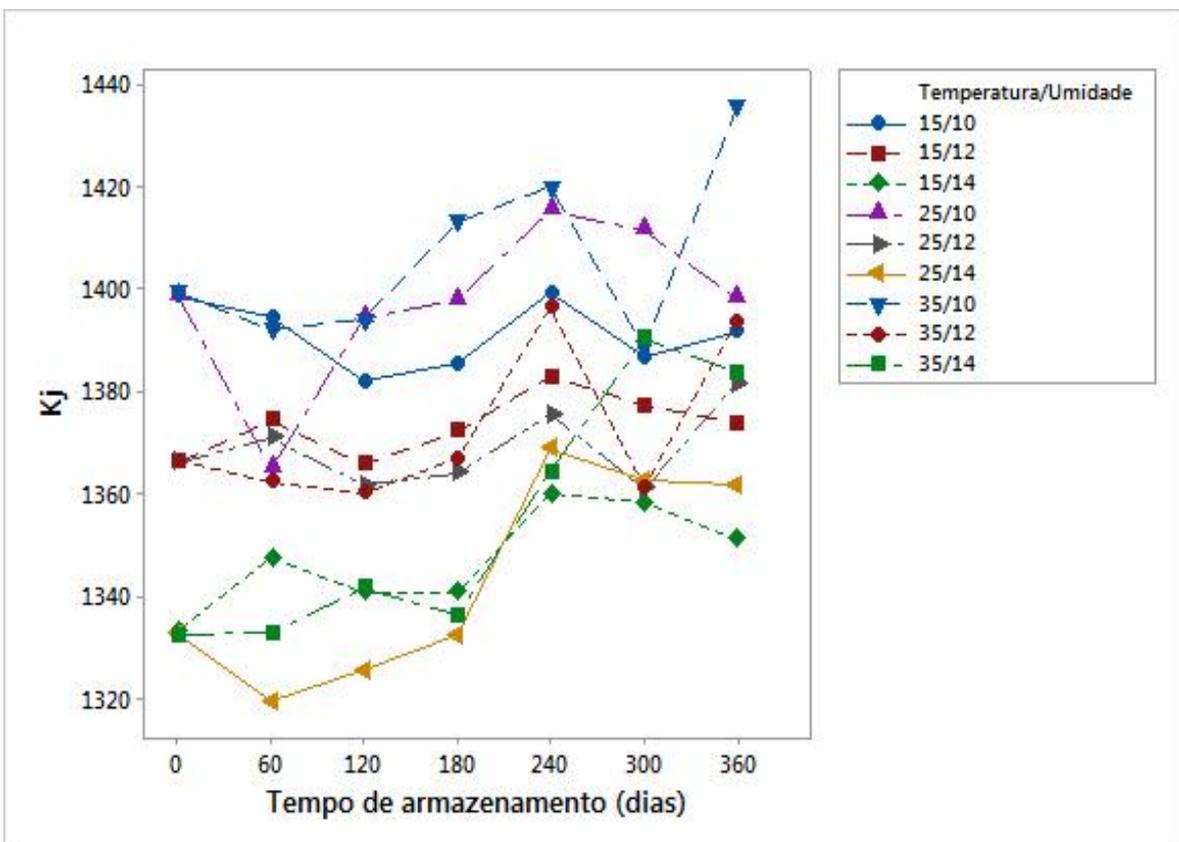


Figura 2411. Valor energético em kJ dos grãos armazenados.

O valor energético dos grãos expresso em kcal e kJ (Figuras 23 e 24) nos revela uma tendência para a quase totalidade amostral, onde a umidade foi o fator determinante nos valores destes parâmetros. Observa-se que quanto menor a umidade, maior o potencial energético da lentilha, denotando também redução da atividade metabólica nestes grãos. Gharibzahedi et al. (2011) relataram $377,7\text{kcal}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para lentilha verde, valor bastante superior aos $343,15\text{kcal}$ encontrados como valor máximo neste estudo.

A composição centesimal é intimamente relacionada com os parâmetros físicos e tecnológicos dos grãos, sobretudo o peso, as medidas de área e a coloração. As características físicas visíveis são, talvez, as de maior importância, sobretudo, em países ocidentais onde o consumo da lentilha é menos influente. O consumidor tende primeiramente a escolher o produto pelas suas características visuais, como por exemplo, tamanho e cor do grão.

O teor de umidade seguiu a tendência inicial para cada grupo de temperatura e, com o tempo, diminuiu nas amostras embaladas a $\geq 25^{\circ}\text{C}$ (Informações Suplementares - S4, S5 e S6). Os grãos de lentilha são altamente higroscópicos, trocando facilmente a umidade com o meio ambiente (HASAN et al., 2017). Sua higroscopicidade se deve à pequena área e à grande superfície de contato, além de um tegumento com permeabilidade razoável, influenciando também o peso dos grãos.

Aos 360 dias de armazenamento, foi identificada uma redução no teor de proteínas, principalmente em grãos armazenados a uma temperatura de 35°C , sendo este o fator mais influente para o parâmetro avaliado. Essa alta temperatura gerou um estresse tão intenso e elevou a taxa metabólica, portanto, o grão precisou de mais energia para manter seu metabolismo, obtendo pelos carboidratos, principalmente amido, que, quando utilizados, liberavam proteínas que interagiam intimamente com ele. Essa proteína degradada liberou aminoácidos que foram utilizados para a síntese de enzimas essenciais para a manutenção metabólica do grão. O conteúdo lipídico dos grãos mostrou uma redução perceptível do início ao fim do experimento, sendo menor do que o trazido por Gharibzahedi et al. (2012).

Neste sentido, as alterações vislumbradas sobre os grãos, sejam de diferença de tamanho, ou alterações colorimétricas, são de extrema importância no estudo da

lentilha, visto que podem trazer maior entendimento sobre os processos bioquímicos que ocorrem no vegetal, e correlacioná-lo com aspectos químicos. Avaliações que tragam uma correlação entre o visual e o constitucional torna-se uma importante ferramenta de conhecimento do grão e orientação do consumidor frente a essas fabáceas.

Dentre as considerações hoje fortemente relacionadas à qualidade da lentilha para o consumo humano, destacam-se a composição bioativa e capacidade antioxidante, que agregam valor funcional ao grão. Neste sentido, os resultados das avaliações de DPPH e ABTS estão apresentados nas Figuras 25 e 26.

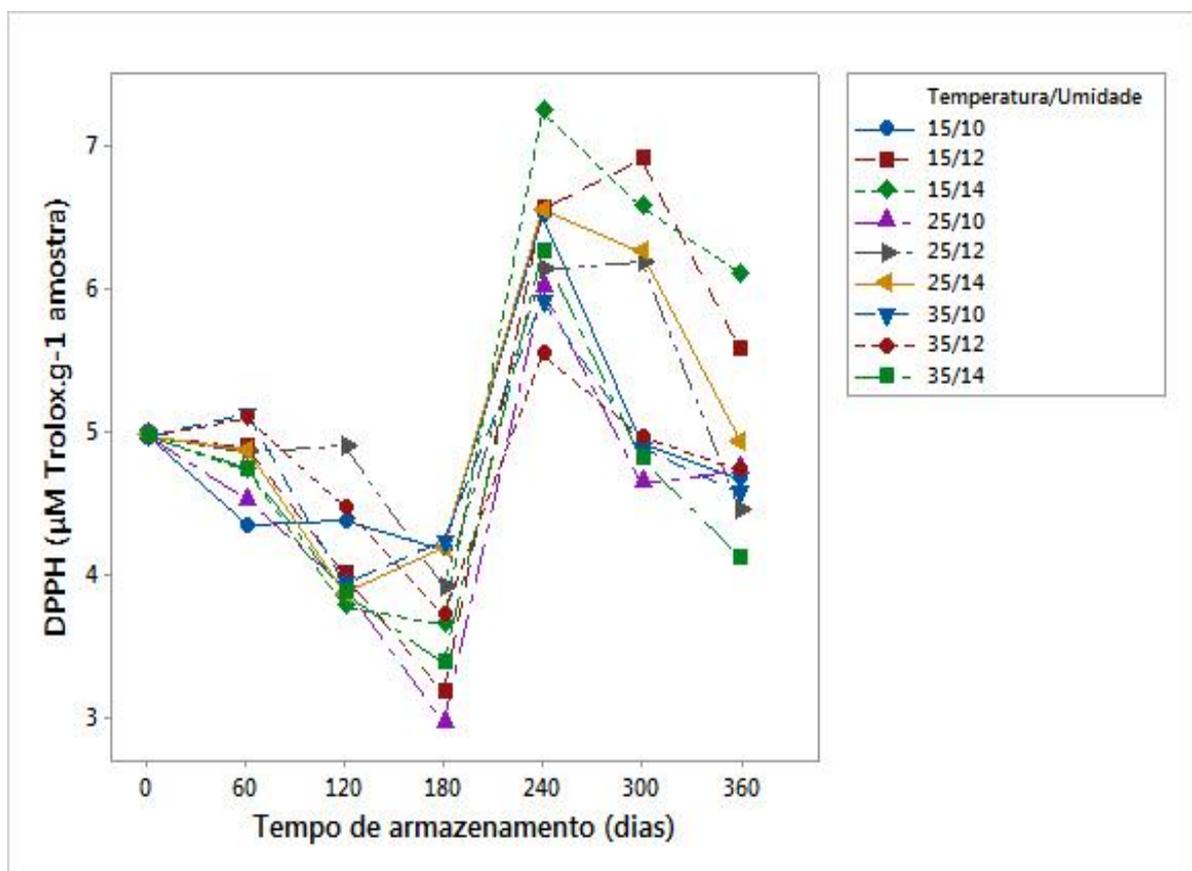


Figura 25. Efeito no teor de DPPH nos grãos armazenados (expressos em $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra).

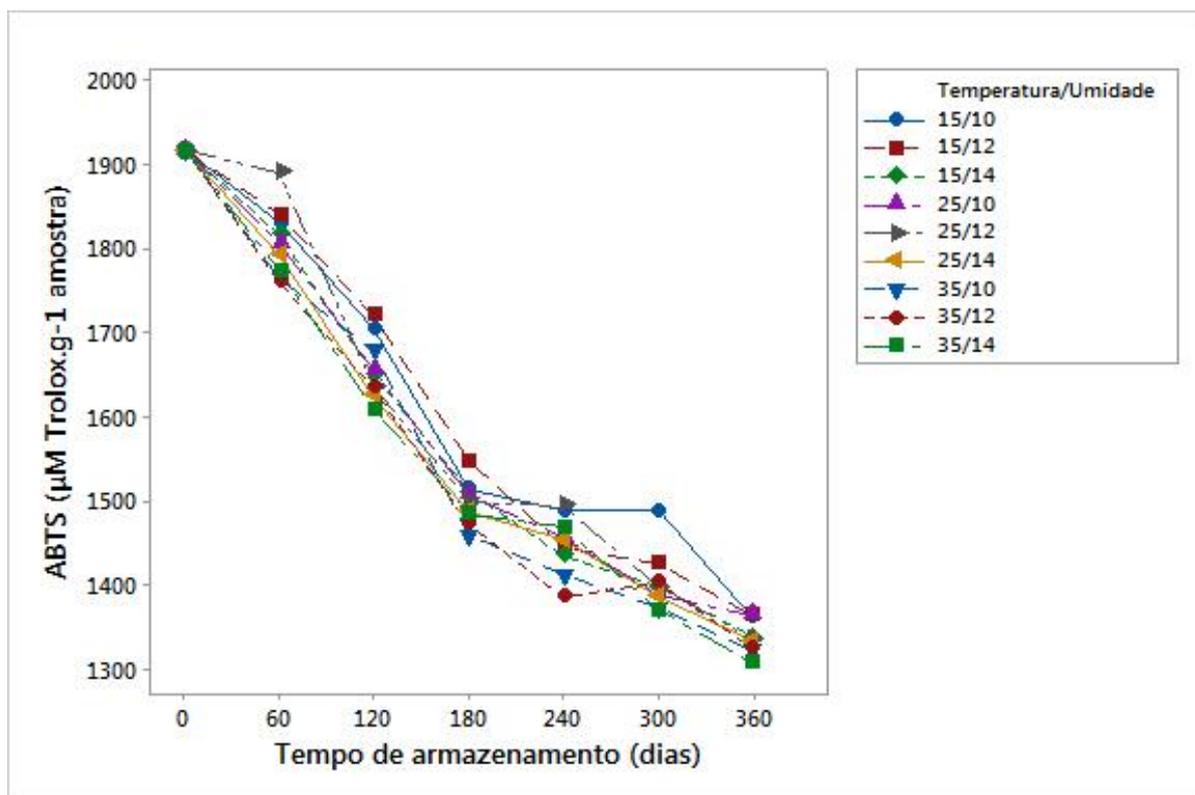


Figura 26. Efeito no teor de ABTS nos grãos armazenados (expressos em $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra).

A atividade antioxidante evidenciada, sobretudo, frente a radicais livres aniônicos está representada na Figura 25, onde se observa que os grãos tiveram redução dos valores de DPPH entre os dias 120 e 180, todavia, a partir dos 6 meses de armazenamento se observou considerável aumento da atividade antioxidante, sugerindo que os grãos entraram em período de elevada atividade metabólica liberando radicais livres oriundos de suas próprias reações bioquímicas, visto que estavam sem contato com o meio externo. Ao estudar duas variedades de feijão, De Jesus Benevides et al. (2017) encontraram $10,28\text{mg.mL}^{-1}$ (IC50) para Guandu e $82,64\text{mg.mL}^{-1}$ (IC50) para Mangalô.

A capacidade de captura de radicais livres catiônicos, avaliada pelo método ABTS, foi consideravelmente reduzida ao longo do processo de armazenamento, conforme se observa na Figura 26, indo de encontro ao observado para DPPH. Resultados semelhantes são compartilhados por Demito et al. (2019). Tendo em vista que os grãos se mantiveram isolados de ações externas, à exceção da temperatura, é sugestivo que o estresse metabólico gerado pelas condições impostas não levam à produção de índices relevantes de radicais livres positivos,

não necessitando então que o grão produza ação de neutralização destes agentes, o que explica a redução de ABTS. Sendo também membro da família Fabaceae, assim como a lentilha, o feijão é um importante detentor de capacidade antioxidante, conforme relatam De Jesus Benevides et al. (2017).

Esta capacidade antioxidante é efetivada, sobretudo, pelos compostos fenólicos, que representam uma gama de substâncias constitucionais dos grãos, bem como, participam de inúmeros processos metabólicos importantes, sejam fundamentais ou de ação secundária, como a defesa vegetal a patógenos.

Os teores de fenóis totais e fenóis simples são apresentados nas Figuras 27 e 28, respectivamente.

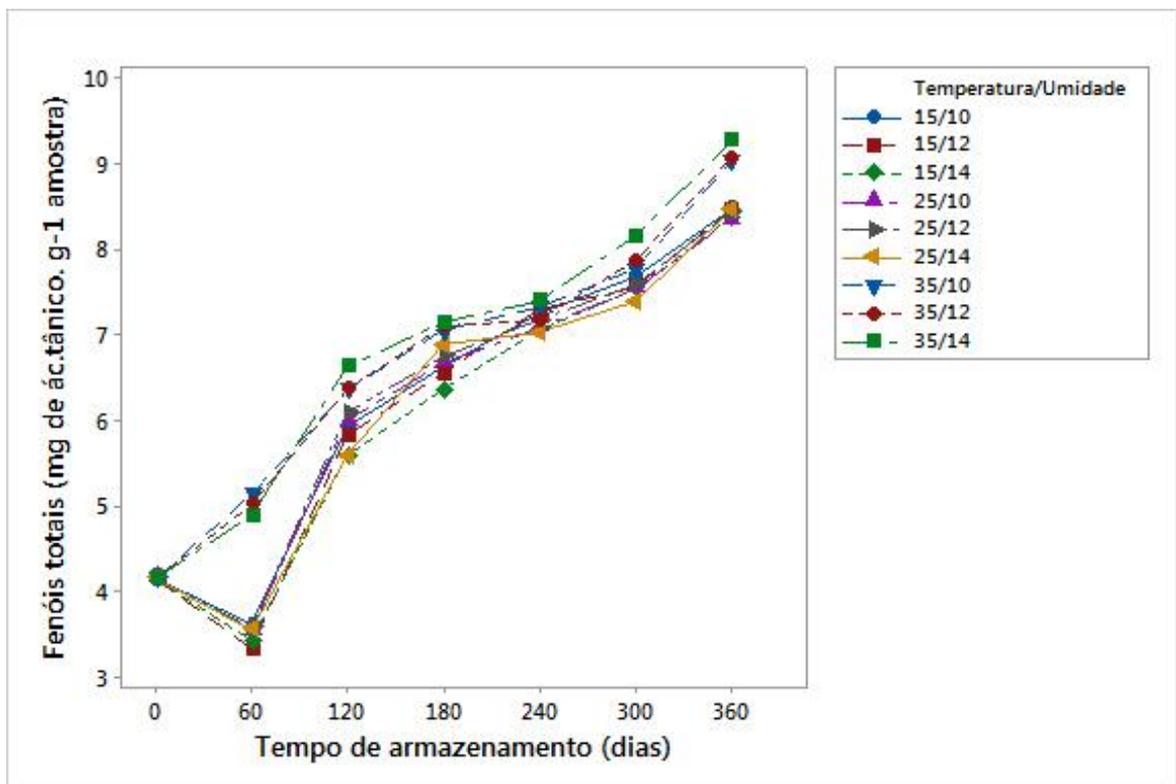


Figura 27. Efeito no teor de fenóis totais nos grãos armazenados (expressos em mg de ácido tânico. g⁻¹ amostra).

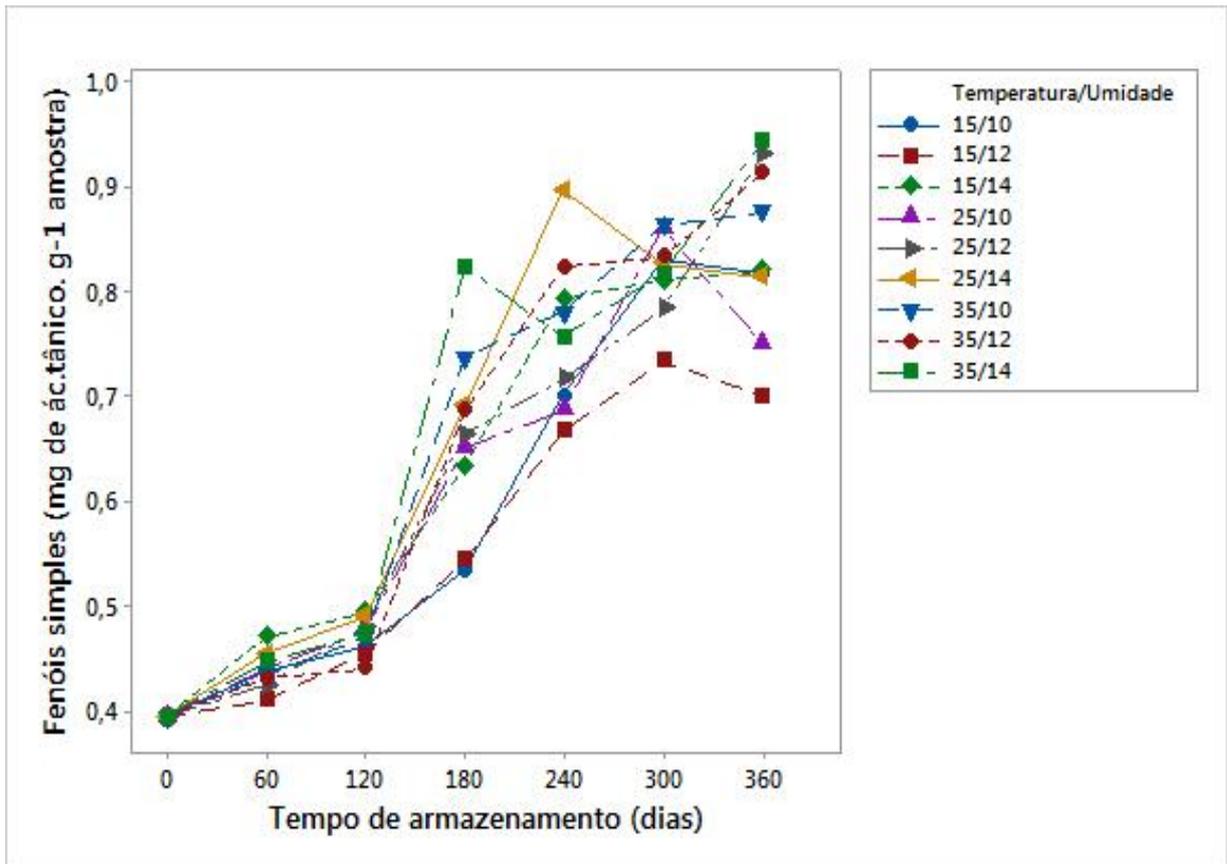


Figura 28. Efeito no teor de fenóis simples nos grãos armazenados (expressos em mg de ácido tânico. g⁻¹ amostra).

A composição fenólica total dos grãos durante o armazenamento apresentou crescimento constante, conforme observa-se pela exposição da Figura 27. De forma geral as três variáveis independentes (temperatura, umidade e tempo de armazenamento) se mostraram influentes sobre o teor de fenóis totais dos grãos. Todavia, dentro dos tratamentos, o aumento da temperatura associado à elevada umidade se mostrou ainda mais influente no aumento da síntese de compostos fenólicos totais na lentilha, denotando, mais uma vez, intensa atividade metabólica resultante do estresse gerado no armazenamento. Vale ressaltar que o aumento fenólico está intimamente relacionado ao escurecimento dos grãos, ou seja, à perda de luminosidade.

Este estresse hídrico e térmico a longo prazo ativou vias do metabolismo especializado vegetal, que buscou de muitas formas a adaptação àquela situação de desconforto à qual os grãos foram submetidos. Esta forma de defesa gera, sobretudo, compostos benzênicos dotados de grupamentos hidroxila, conhecidos como fenóis, que atuam de diversas maneiras na neutralização de radicais livres,

muitas vezes gerados pelo próprio processo metabólico do vegetal. Esta forma de busca adaptativa é uma das maneiras mais evoluídas que o vegetal apresenta para garantir a sua sobrevivência, sobretudo, para cumprir a real tarefa de perpetuação da espécie, visto que melhoramentos genéticos promovem linhagens mais saudáveis. Cabe ainda ressaltar que o aumento fenólico está intimamente relacionado ao escurecimento dos grãos (LOPES, 2011), ou seja, à perda de sua luminosidade.

De Jesus Benevides et al. (2017) avaliando fenóis totais em feijões Gandu e Mangalô *in natura* encontrou respectivamente 197,01 e 57,73mg.100g⁻¹, relatando que o tratamento térmico (cozimento à 100°C) promoveu redução fenólica de maneira inversamente proporcional ao tempo de exposição ao cozimento.

Além dos fenóis totais, é importante conhecer o conteúdo de fenóis simples. O teor de fenóis simples está representado na Figura 28, pelo qual pode-se observar que estes compostos tiveram importante crescimento ao longo do período de armazenagem, não havendo de forma clara uma distinção entre as influências da temperatura e umidade isoladamente para o aumento do teor destes compostos. Seguindo a mesma linha de pensamento dos compostos fenólicos totais, os simples têm seu incremento por meio dos processos metabólicos que ativam as vias de síntese a partir do ácido cinâmico ou do ácido benzoico.

Outros importantes representantes dos fenóis são as antocianinas, que refletem extraordinários parâmetros de qualidade bioativa e antioxidante dos grãos. Antocianinas podem ser correlacionadas com diversos parâmetros tecnológicos e nutricionais, podendo ainda refletir uma resposta às situações apresentadas pelos grãos desde o plantio até o armazenamento.

O teor de antocianinas totais para os grãos armazenados é expresso na Figura 29.

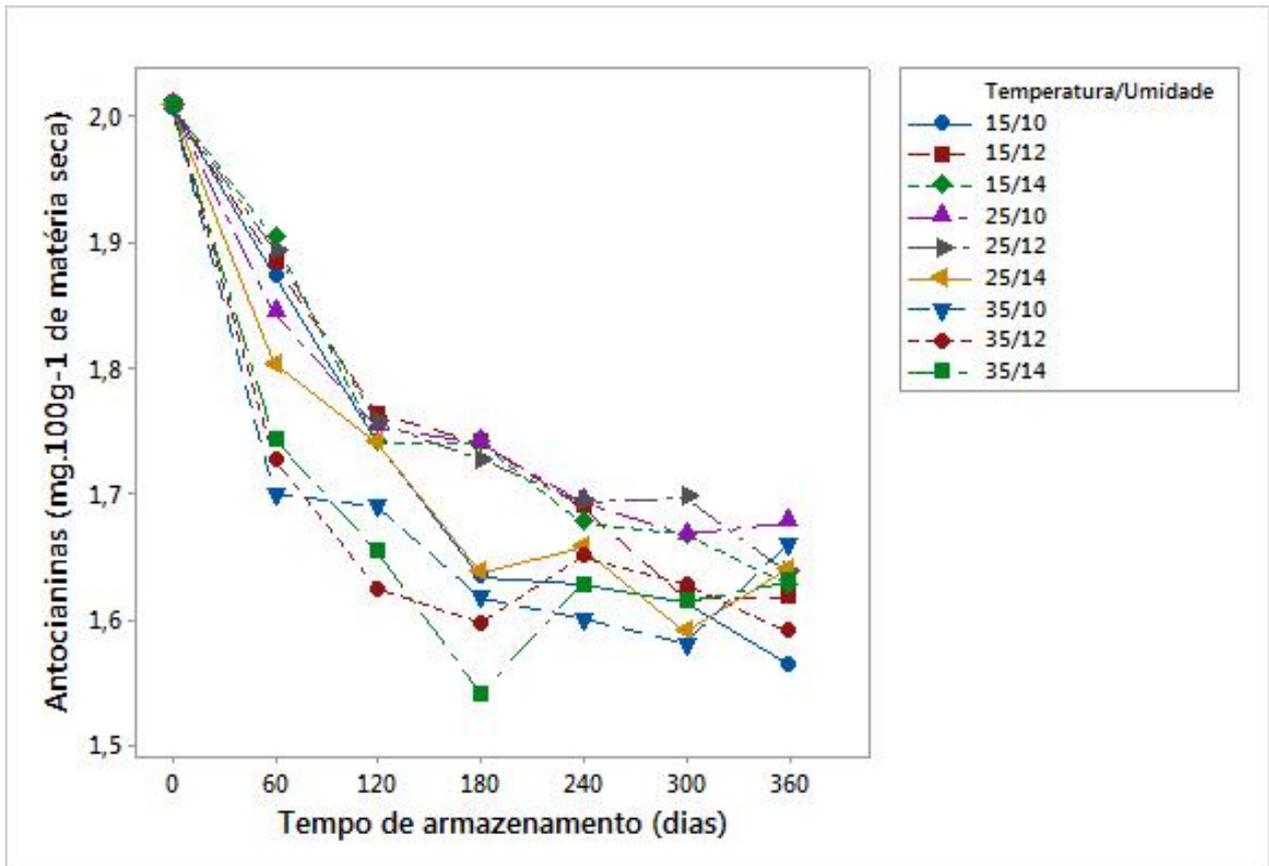


Figura 2912. Efeito no teor de antocianinas totais presentes nos grãos armazenados (expressas em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca).

O teor de antocianinas mostrou-se inversamente proporcional ao tempo de armazenamento, conforme se observa na representação da Figura 35. Este fato elucidado de forma bastante clara que os compostos fenólicos totais aumentados no processo de armazenamento (Figura 29) não são da linhagem antociânica, tampouco a coloração vermelha apresentada pelos grãos ao longo do armazenamento é oriunda desta classe de antioxidantes. Essa redução é originária da degradação das antocianinas pelas condições de temperatura, umidade e tempo, associadas à elevação do metabolismo vegetal que culminou com a perda de radicais constitucionais antociânicos, descaracterizando sua molécula e não permitindo sua identificação completa.

Outro fator a ser considerado é que a síntese de antocianinas está diretamente relacionada com a exposição do vegetal aos raios ultravioletas do sol, o que não aconteceu neste experimento, visto que os grãos se mantiveram dentro das

B.O.Ds. Os valores mínimo e máximo encontrados neste estudo foram 1,54 e 2,01 mg.100g⁻¹, respectivamente.

Os compostos fenólicos são de extrema importância quando consideramos os aspectos nutricionais, visto que alguns deles apresentam capacidade de agir como antioxidantes, sendo benéficos à saúde humana, e/ou complexar com proteínas e outros nutrientes, neste caso, reduzindo o valor nutricional do produto.

Neste sentido, os taninos são fenólicos considerados antinutrientes, pela sua capacidade de complexação com proteínas, promovendo a precipitação destas, logo, reduzido sua disponibilidade. Isso toma uma importância ainda maior ao considerarmos as fabáceas, grãos essencialmente proteicos.

Os teores de taninos são apresentados na Figura 30.

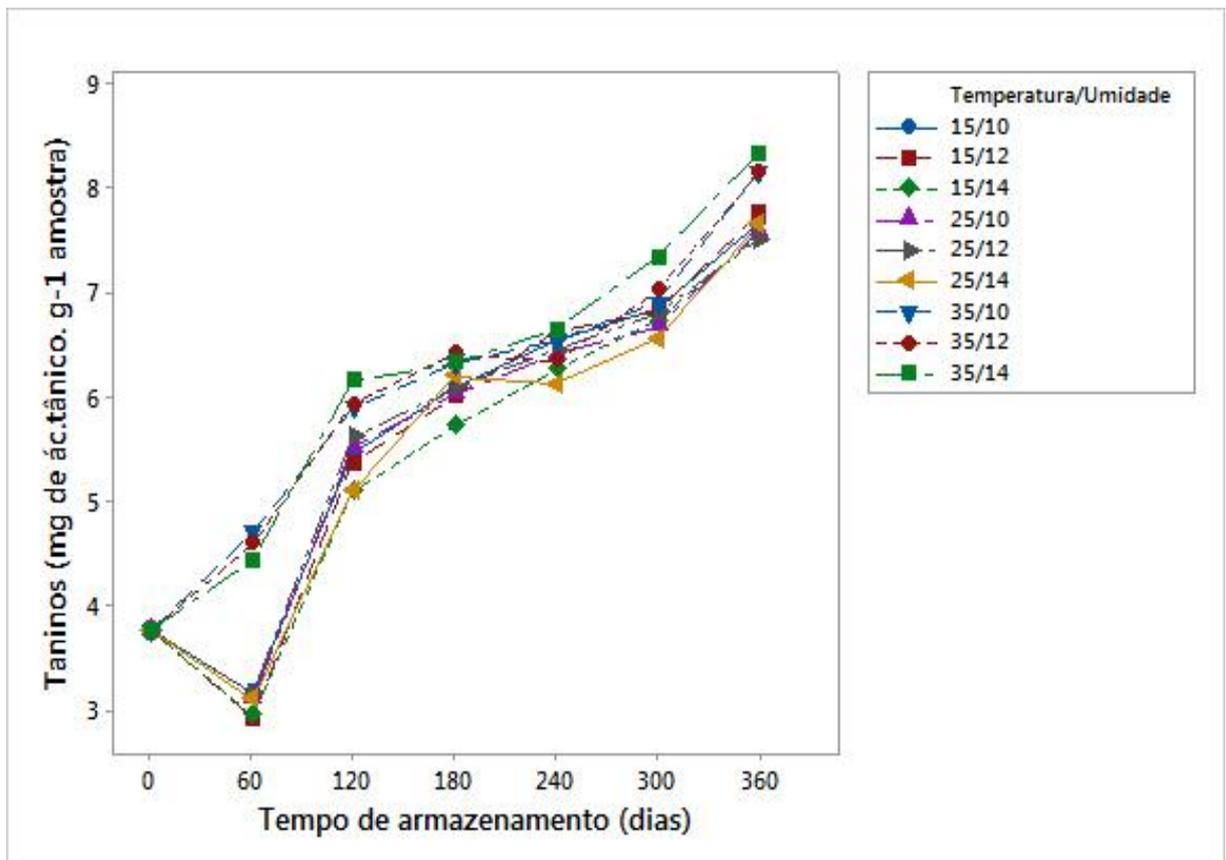


Figura 3013. Efeito no teor de taninos nos grãos durante o armazenamento (expressos em mg de ácido tânico. g⁻¹ amostra).

Ao passo que fenóis totais e simples aumentam ao longo do armazenamento, o teor de taninos, conforme se observa na Figura 30, também foi elevando com o

decorrer do tempo de armazenamento, tendo 2,91 como valor mínimo, e 8,33mg de ácido tânico.g⁻¹ como maior teor encontrado, o que explica-se também pela necessidade do vegetal de se defender de agressões químicas oriundas dos radicais livres formados nos seus próprios processos metabólicos. Em estudo com 21 linhagens de feijões, Mesquita et al. (2007) expõem valores 0,28 a 1,08g de ácido tânico.100g⁻¹, valores que convertidos, se assemelham aos relatados para lentilha neste estudo.

Ao avaliar o teor de taninos em feijões Mangalô e Guandu, De Jesus Benevides et al. (2017) encontraram respectivamente 67,60 e 267,80mg.100g⁻¹, relatando ainda que para a variedade Mangalô, o aumento do tempo de cocção promoveu incremento no teor de taninos. Este dado vem ao encontro o observado para lentilhas neste experimento, onde o teor de taninos foi diretamente proporcional ao tempo e temperatura de armazenamento.

Ao comparar o estudo de De Jesus Benevides et al. (2017) com os resultados aqui encontrados, embora aqueles tenham inativado vias metabólicas pela cocção, com o armazenamento efetivado neste estudo, observou-se que a síntese e atividade de taninos se mantiveram ativas durante os 360 dias, o que denota a necessidade dos grãos de se adaptarem/defenderem do estresse a que foram submetidos.

Embora taninos sejam associados à ação antioxidante, eles são considerados também antinutrientes, complexando-se com alguns minerais e reduzindo a digestibilidade da proteína. Logo, Joshi et al. (2017) recomendam a remoção destes compostos do alimento, dessa forma, garantindo melhora na qualidade nutricional do grão e permitindo sua segura utilização para a alimentação humana.

Os compostos fenólicos estão associados à redução da incidência de doenças crônicas, como as cardiovasculares, obesidade, diabetes e cânceres. Neste sentido, a lentilha tem-se mostrado um alimento altamente recomendado, sendo seu consumo positivamente relacionado à manutenção da saúde e qualidade de vida (GANESAN e XU, 2017). Logo, as Fabáceas vêm recebendo destaque aos olhares dos consumidores e profissionais da saúde, sobretudo, pela sua capacidade antioxidante que lhes conferem propriedades funcionais (DE JESUS BENEVIDES et al., 2017) sobretudo, no que tange às patologias já mencionadas. Ainda de acordo

com esses autores, para a variedade de feijão Guandu, o aumento do teor de fenóis totais e taninos é diretamente relacionado ao incremento da ação antioxidante.

Além de sua composição orgânica, que é fundamental para a manutenção da vida vegetal e fornece compostos nutricionalmente eficientes para a garantia da vida humana, os vegetais apresentam uma porção inorgânica representada pelos minerais por eles absorvidos. Dentre as possibilidades de avaliação mineral dos grãos, destacam-se a avaliação das cinzas secas (conteúdo mineral total/cinzas totais) e a quantificação das cinzas úmidas (quantificação específica de minerais de interesse). Neste sentido abaixo são expostos os resultados encontrados para a avaliação mineral individual.

A determinação das cinzas úmidas, ou minerais isolados é uma análise bastante detalhada que nos traz a possibilidade do entendimento dos valores unitários de cada composto inorgânico pesquisado no alimento. Dentro destes valores, deve-se considerar o que naturalmente é presente no grão, ou o que ele tem maior afinidade de retenção após absorção do solo. Dentro deste contexto, aqui são relatados alguns valores minerais identificados nas amostras.

Na Figura 31 são expressos os teores de ferro (Fe) para os grãos durante o armazenamento.

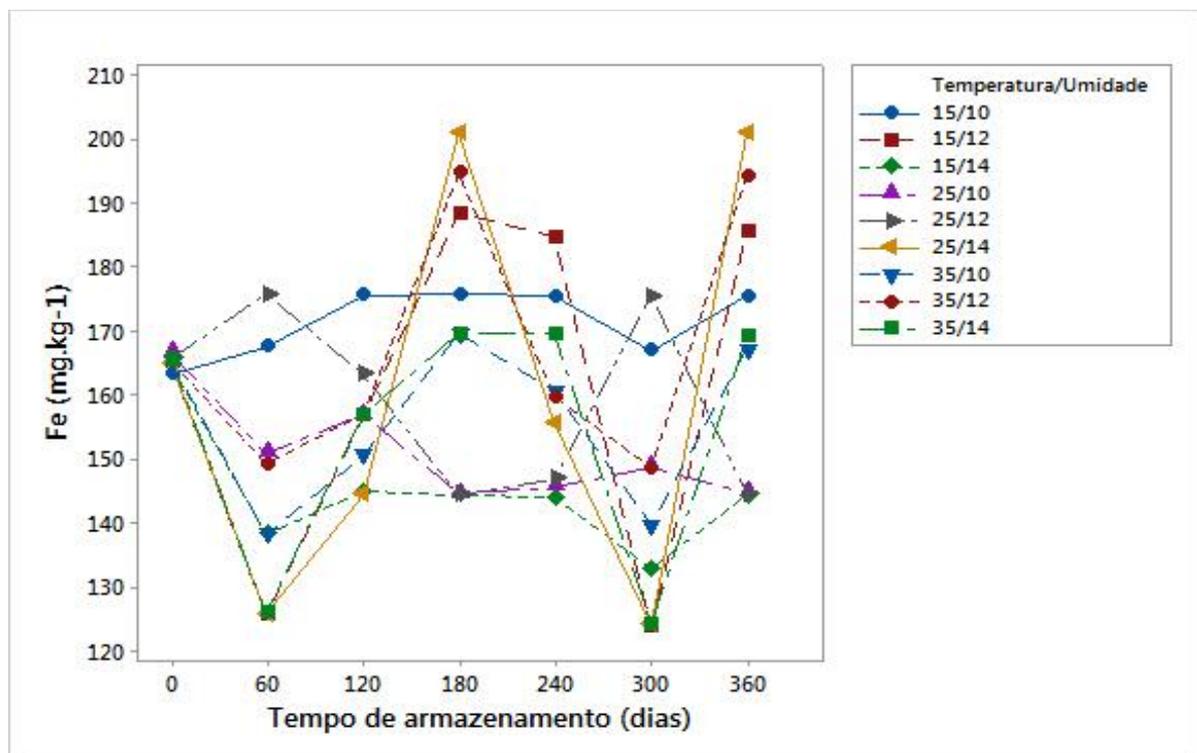


Figura 3114. Teores de ferro (Fe) nos grãos armazenados (mg.kg^{-1}).

O teor de ferro exposto na Figura 31, não apresentou tendência uniforme no decorrer do período de armazenamento, não demonstrando influência (observada graficamente) das condições de armazenamento sobre seu conteúdo. Conforme já mencionado, quando nos referimos ao teor de cinzas totais, para minerais isolados também é típico encontrarmos valores não tendenciosos, visto que o vegetal não produz ou degrada minerais, apenas absorve do solo e a ele devolve, ou pode ainda ter remoção mecânica, como por exemplo, quando os grãos estão danificados.

Neste estudo a menor e a maior quantidades de ferro encontradas foram de $123,67\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $200,94\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente, sendo valores bastante superiores aos relatados por Kumar et al. (2013) para lentilhas verdes (41 a $132\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Pereira et al. (2011) em estudo com 34 diferentes genótipos de feijões em dois anos de cultivo encontraram $161,7\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ como valor máximo desse mineral. Ao comparar lentilha vermelha e verde, Gharibzahedi et al. (2011) apontam superioridade desta sobre aquela, com $7,3\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, frente a $6,6\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Grãos a 15°C e 10% de umidade (Informações Suplementares - S1) permaneceram constantes no ferro e no zinco (Zn), portanto, entende-se que nessas condições a matéria orgânica também permaneceu conservada.

Neste estudo, as concentrações de ferro (Fe) encontradas foram entre $123,67\text{mg}/\text{kg}$ e $200,94\text{mg}/\text{kg}$, valores muito superiores aos relatados por Kumar et al. (2013) para lentilhas verdes (41 a $132\text{mg}/\text{kg}$). Grãos a 15°C e 10% de umidade (Informações Suplementares - S1) permaneceram constantes no ferro e também no zinco (Zn), portanto, entende-se que nessas condições a matéria orgânica também permaneceu conservada. Quanto ao teor de manganês (Mn), os valores permaneceram entre $13,62\text{mg}/\text{kg}$ (300 dias, 12% de umidade e 35°C (Informações Suplementares - S8)) e $25,43\text{mg}/\text{kg}$ (360 dias, 10% de umidade e 15°C (Informações Suplementares - S1)). Embora seja um mineral presente em diferentes tipos de solo, sua concentração nos grãos dependerá de vários fatores. Nesse sentido, Gharibzahedi et al. (2012) trazem para grãos verdes o valor de $1,40\text{mg}/100\text{g}$ e $1,62\text{mg}/100\text{g}$ para grãos vermelhos, o que denota a influência genotípica na absorção de minerais do solo e sua manutenção em cotilédones e tegumentos.

Após a avaliação laboratorial, observou-se que o teor de magnésio nas amostras variou de 0,71 (300 dias, 12% de umidade e 35°C (Informações

Suplementares - S8)) a 2,47 g/kg (360 dias, 12% de umidade e 15°C) (Informações Suplementares - S2)), permanecendo estável em cada tratamento. Deve-se entender que, por ser um cofator para a galactosiltransferase, o Mg atua diretamente na síntese de oligossacarídeos, que são fundamentais, principalmente em grãos armazenados, garantindo que o grão permaneça vivo e seu metabolismo estável. Como os grãos são constituídos por uma parte orgânica e uma inorgânica, esperava-se que a maior atividade metabólica promovesse uma redução de sua constituição orgânica, o que conseqüentemente aumentaria o conteúdo mineral ao equilibrar os compostos.

Estes valores reafirmam a lentilha como importante alimento com elevado teor de ferro. Mesquita et al. (2007) apontam que o teor de Fe em alguns genótipos de feijão é acompanhado pelo teor de proteína, o que se torna um importante parâmetro de qualidade nutricional. Igualmente de considerável importância, a avaliação do mineral zinco (Zn), é apresentada na Figura 32.

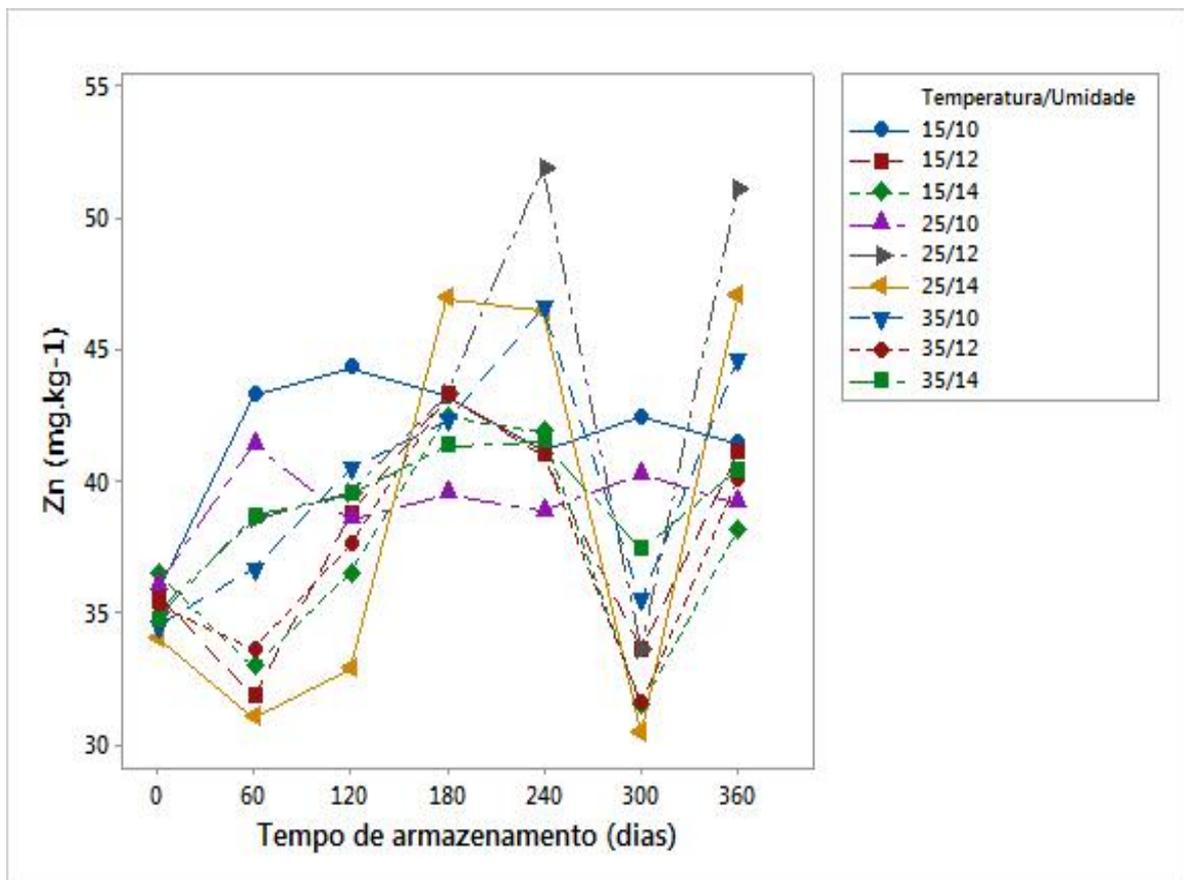


Figura 32. Teores de zinco (Zn) nos grãos armazenados (mg.kg⁻¹).

Os valores de zinco aqui encontrados (entre 30,4 e 51,89mg.kg⁻¹), expostos na Figura 38, são similares aos achados por Pereira et al. (2011), que relataram de 32 a 68mg.kg⁻¹ deste mineral em feijões de 34 genótipos, colhidos em duas safras.

Kumar et al. (2013) expõem que os esforços são cada vez maiores na tentativa de determinar e entender a grande variabilidade do teor de ferro e zinco na lentilha, que segundo seus estudos variam de 41 a 132mg.kg⁻¹ para ferro e 22 a 103,7mg.kg⁻¹ para zinco. O estudo de Mesquita et al. (2007) aponta uma tendência positiva na correlação entre o teor de proteína e o conteúdo de zinco em algumas linhagens de feijão. Segundo Gharibzahedi et al. (2011), não há diferença no teor de zinco para os genótipos verde e vermelho de lentilha, com valores de 4,2 e 4,3mg.100g⁻¹. A utilização dos minerais pelos grãos é dependente das particularidades de cada espécie, todavia, para os seres humanos é de certa forma geral a ação metabólica destes compostos inorgânicos.

Dentre os minerais de singular importância, merece destaque o manganês (Mn), cujos resultados estão apresentados na Figura 33.

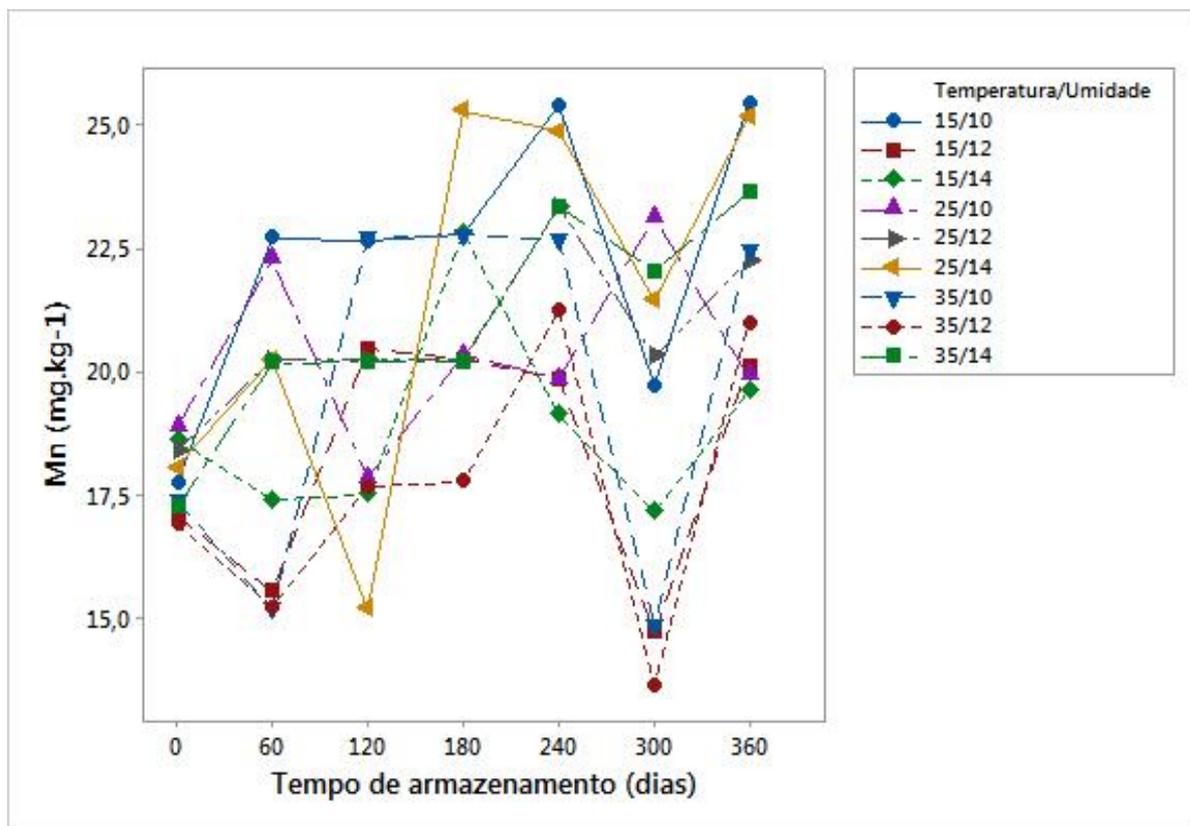


Figura 33. Teores de manganês (Mn) nos grãos armazenados (mg.kg⁻¹).

No que tange ao conteúdo de manganês, os valores mínimo ($13,62\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 300 dias, 12% de umidade e 35°C (Informações Suplementares - S8)) e máximo ($25,43\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 360 dias, 10% de umidade e 15°C (Informações Suplementares – S1)) (Figura 33) encontrado nas amostras aqui estudadas, foram bastante superiores aos $1,8\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ relatados pela TACO (2011) para o grão cru. Este fato é explicado, conforme já mencionado, pela capacidade das fabáceas em reter minerais do solo, logo, um solo com maior teor de manganês poderia ser o principal promotor destes valores observados.

Embora seja um mineral bastante presente em diferentes tipos de solo, sua concentração dos grãos dependerá da natureza destes e daqueles. Neste sentido, Gharibzahedi et al. (2011) traz para grãos verdes o valor de $1,40\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $1,62\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para grãos vermelhos, o que denota a influência genotípica na absorção dos minerais do solo e manutenção destes nos cotilédones e tegumento.

Outrossim, o cobre possui grande importância no metabolismo vegetal e animal. Nas plantas é encontrado em variadas concentrações nas diferentes partes constituintes do vegetal.

Os teores observados no armazenamento das lentilhas são expressos na Figura 34 a seguir.

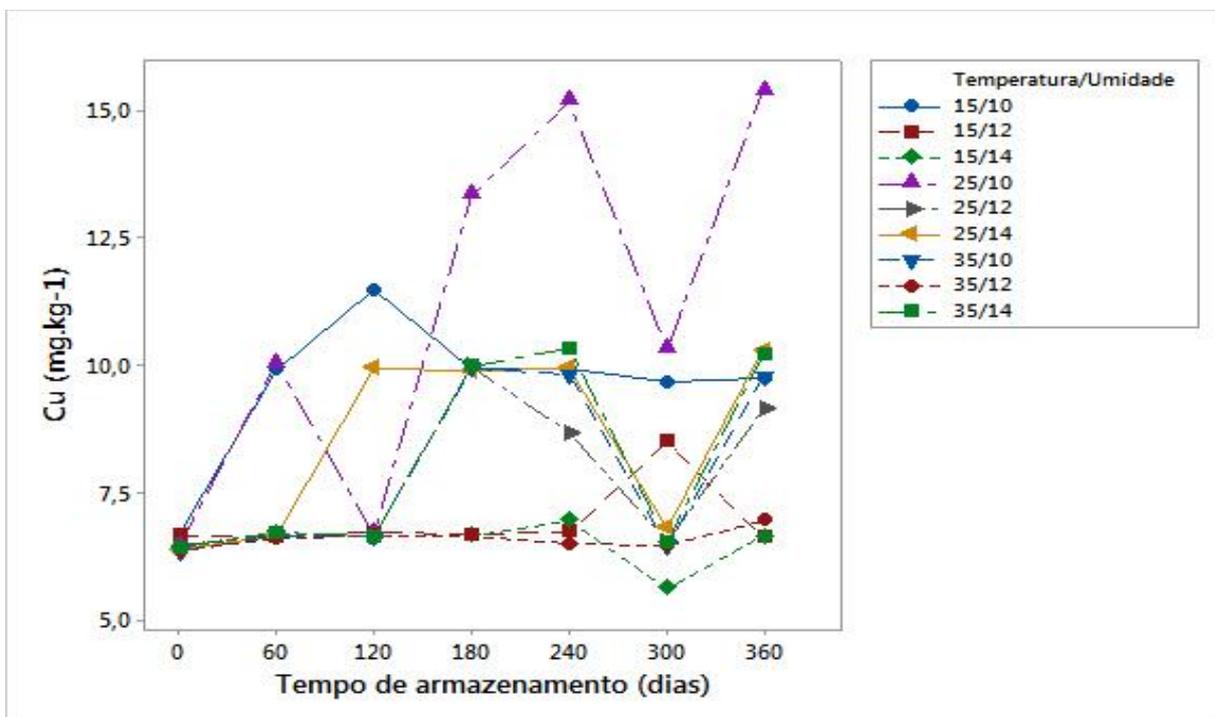


Figura 3415. Teores de cobre (Cu) nos grãos armazenados ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Ao avaliarmos a lentilha, encontramos $5,61\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ como valor mínimo, e como máximo, $15,38\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para os teores de cobre, conforme exposto na Figura 34. Segundo Gharibzahedi et al. (2011), a variedade de lentilha verde ($6,12\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) é superior em cobre em relação à vermelha ($4,62\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). A TACO (2011) traz teor de cobre de $0,83\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, um valor intermediário quando comparado aos achados neste estudo. Em estudo com linhagens de feijão, Mesquita et al. (2007) aponta valores entre $11,37$ a $17,73\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, relacionando ainda de forma positiva a composição proteica com o teor deste mineral.

Dentre os minerais avaliados, além do cobre, o fósforo denota grande importância, sobretudo por ser responsável pelas manutenções energéticas, sendo a sua função alicerçada na garantia dos processos metabólicos, tanto no vegetal, quanto no ser humano.

Os teores de fósforo para os grãos armazenados são expressos na Figura 35.

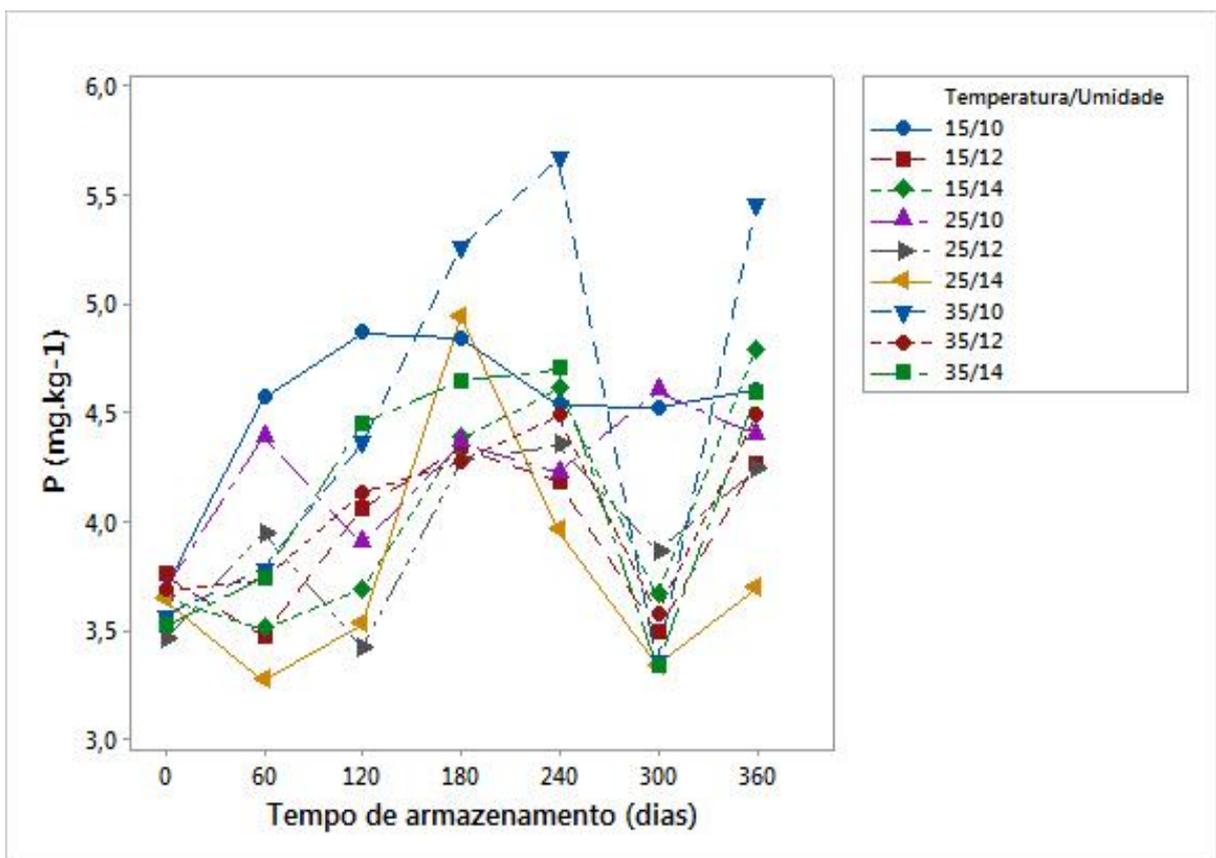


Figura 35. Teores de fósforo (P) nos grãos armazenados ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

O fósforo (P) é encontrado nas Fabáceas de maneira livre e na forma de fitato, sendo um nutriente fundamental para o metabolismo humano. Observou-se neste estudo que na lentilha os teores variaram entre 3,33 e 5,66g.kg⁻¹ (Figura 35). Valores semelhantes (2,84 e 5,87 g.kg⁻¹) são compartilhados por Pereira et al. (2011) para feijões, sendo ainda relatado por esse autor a importância de se ter grãos com fósforo livre, visto que este é um importante componente nutricional, diferente da sua forma fitato, que se configura como antinutricional. Todavia, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS, 2001) traz valores que ficam entre 281 e 335g.

Mesquita et al. (2007) em estudo com linhagens de feijões não armazenadas observaram que o teor de proteína é diretamente proporcional ao teor deste mineral. Ainda quanto ao teor de fósforo, alguns autores referem altos valores, como 301mg.100g⁻¹ (GHARIBZAHEDI et al., 2011). Destaca-se também, dentre os minerais da lentilha, o potássio (K) e o cálcio (Ca) como minerais importantíssimos para o metabolismo vegetal e humano, logo, seu aporte dietético é fundamentalmente dependente da qualidade dos alimentos.

Os teores de K e Ca são apresentados nas Figuras 36 e 37, respectivamente.

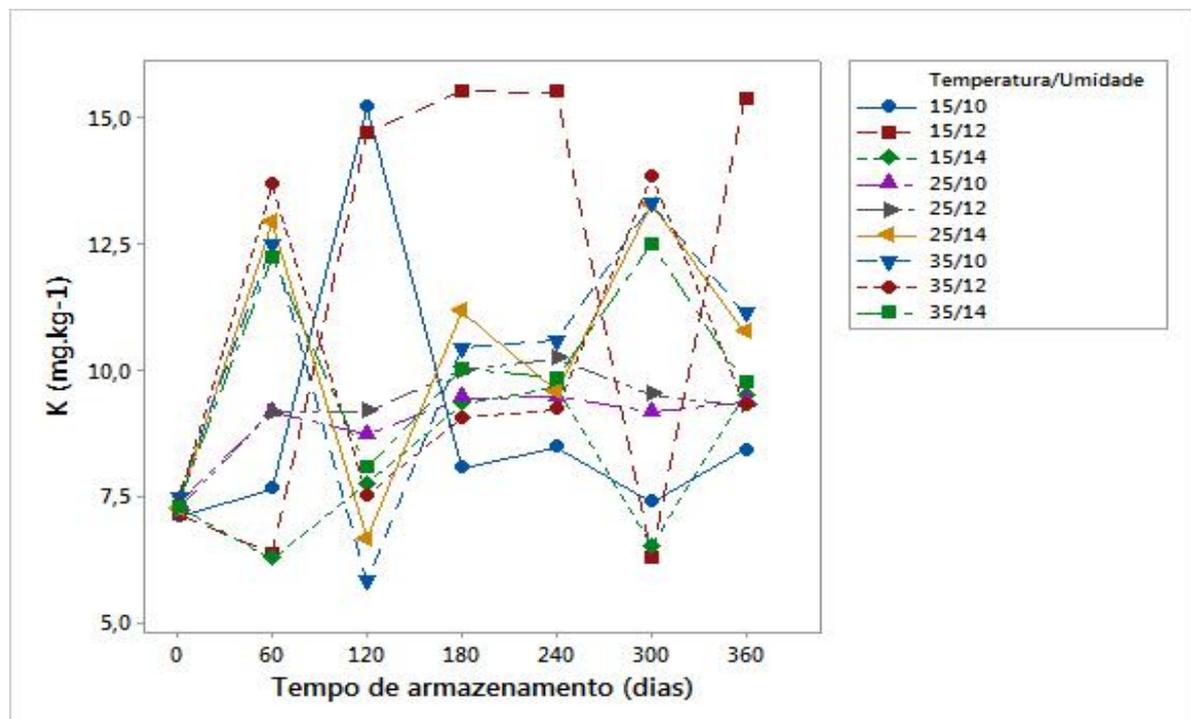


Figura 16. Teores de potássio (K) nos grãos armazenados (g.kg⁻¹).

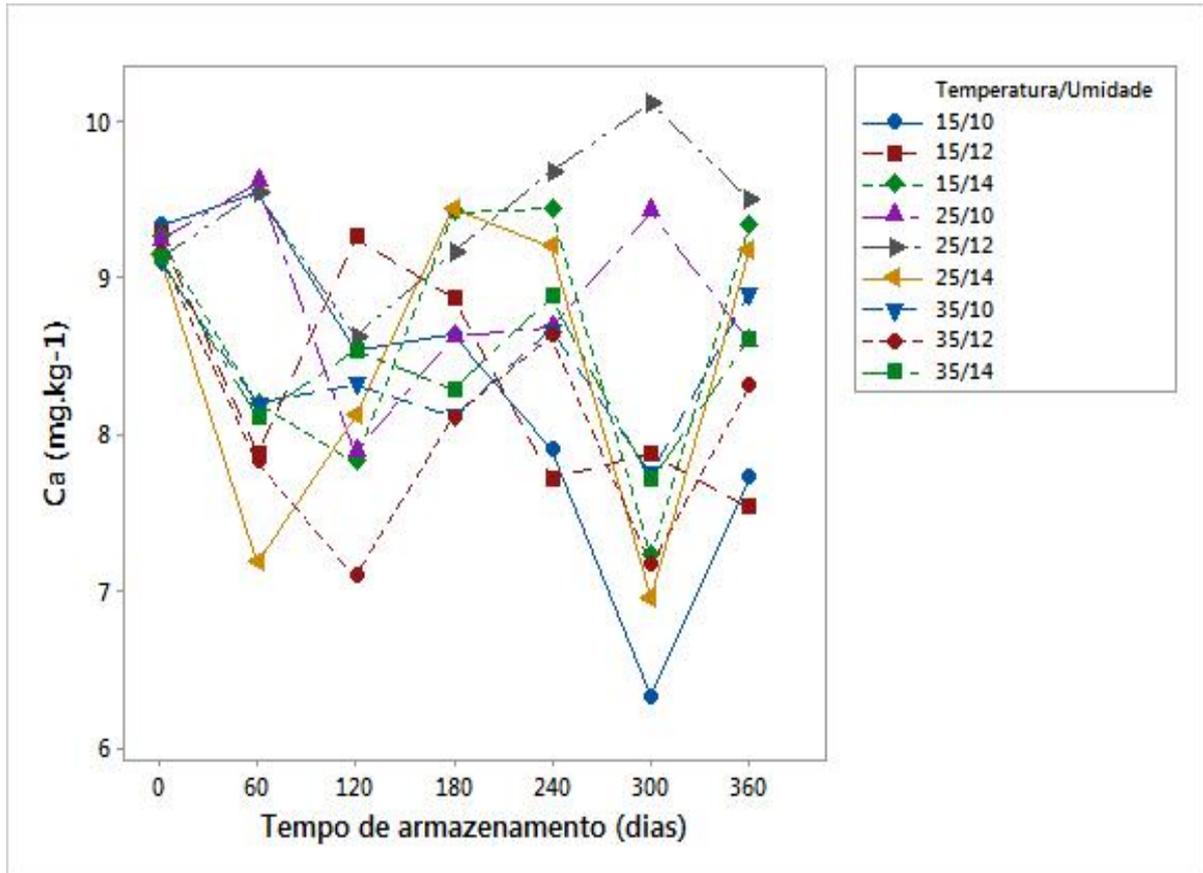


Figura 17. Teores de cálcio (Ca) nos grãos armazenados (g.kg^{-1}).

A avaliação dos teores de potássio mostra que a lentilha apresentou valores entre $5,81$ e $15,53\text{g.kg}^{-1}$ (Figura 36), sendo estes consideravelmente superiores aos relatados pela USDA (ESTADOS UNIDOS, 2001). O teor de potássio é positivamente correlacionado ao teor proteico por Mesquita et al. (2007) para linhagens de feijão, reafirmando a influência do genótipo na captação de minerais oriundos do solo. Lentilhas verdes apresentaram $978\text{mg.}100\text{g}^{-1}$ de potássio em estudo apresentado por Gharibzahedi et al. (2011), no entanto, ainda segundo esses autores, os valores foram inferiores quando comparados ao grão vermelho.

Dos minerais investigados, o cálcio (Ca) merece grande atenção, sobretudo quando se pensa em alimentação infantil e de idosos. Na Figura 37 foram expostos os resultados da avaliação deste mineral. Encontrou-se neste estudo valores de Ca entre $6,32$ e $10,12\text{g.kg}^{-1}$, sendo estes superiores ao relatado por Pereira et al. (2011) para feijões em duas safras, cujos valores encontravam-se entre $0,25$ e $2,8\text{g.kg}^{-1}$.

Traz-se, logo, um dado de extrema importância no que tange a valorização nutricional da lentilha, pois mostra-se neste caso, uma superioridade marcante no teor deste componente inorgânico fundamental para a manutenção estrutural e metabólica humana. A USDA (ESTADOS UNIDOS, 2001) aponta valores de 35 a 57mg de cálcio para lentilha. Gharibzahedi et al. (2011) apresenta teor de Ca para lentilha verde de $6,3\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, valor abaixo do relatado pelo mesmo autor para lentilha vermelha ($8,2\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

Responsável por manter mecanismos fundamentais do metabolismo vegetal e humano, o magnésio (Mg) deve ser considerado, visto que na alimentação é obtido em grande parte das Fabáceas, como a lentilha. Os teores de Mg encontrados nos grãos armazenados estão expostos na Figura 38.

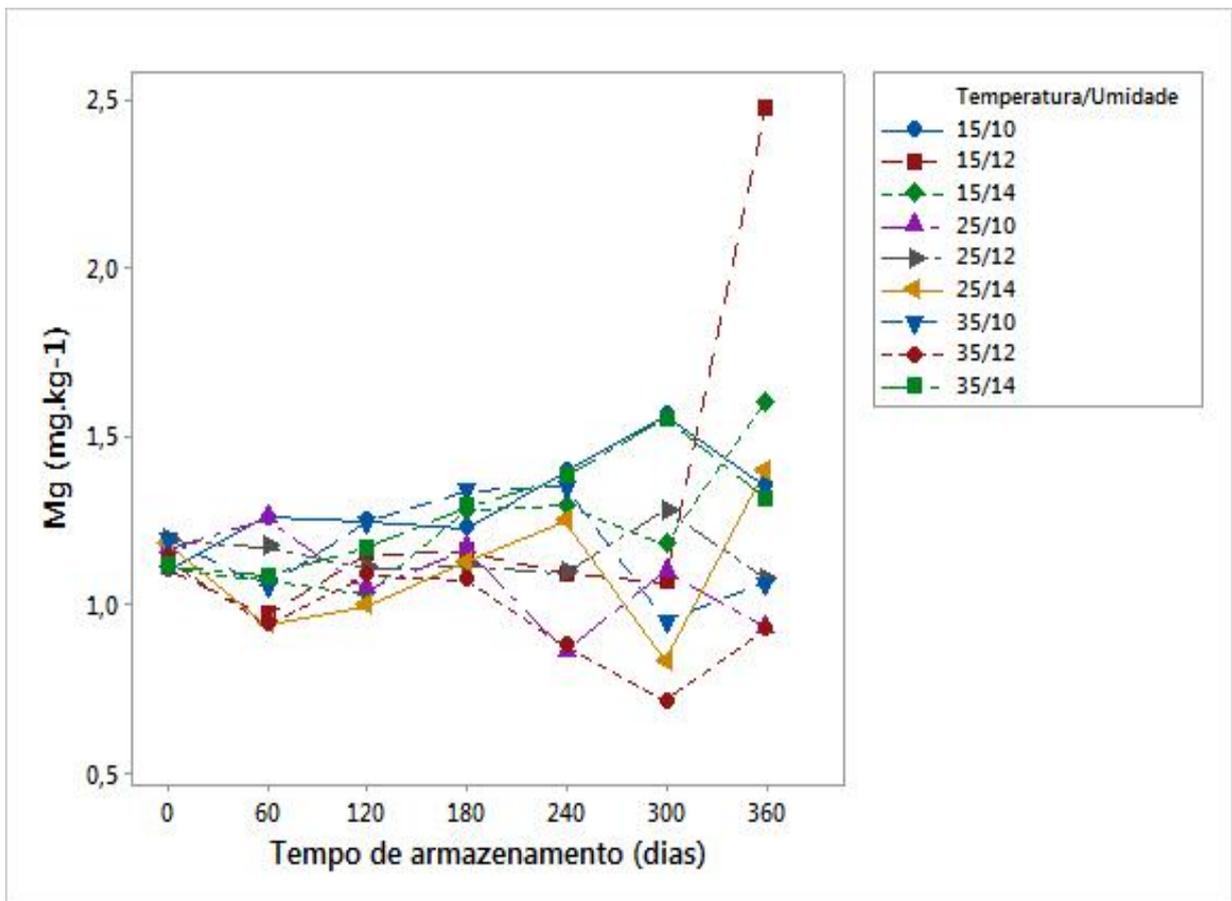


Figura 18. Teores de magnésio (Mg) nos grãos armazenados ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Após a avaliação laboratorial, observou-se que os teores de magnésio nas amostras variaram de 0,71 (300 dias, 12% de umidade e 35°C (Informações Suplementares - S8)) a 2,47g.kg⁻¹ (360 dias, 12% de umidade e 15°C (Informações Suplementares - S2)), permanecendo estável em cada tratamento. Pereira et al. (2011) expressam valores de 0,63 a 2,79g.kg⁻¹, sendo estes muito semelhantes aos encontrados para lentilha.

Os valores mínimos aqui encontrados se assemelham ao valor máximo apresentado para lentilhas pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS, 2001) de 47 a 69mg.100g⁻¹, todavia, os grãos deste estudo ainda apresentam superioridade deste mineral. O teor de magnésio é relatado por Mesquita et al. (2007) como proporcionalmente relacionado ao teor proteico em linhagens de feijão. Gharibzahedi et al. (2011) denota superioridade da lentilha verde sobre a vermelha na quantificação de magnésio, sendo os respectivos valores de 5,20 e 4,62mg.100g⁻¹.

Deve-se entender que, por ser um cofator para a galactosiltransferase (**Referência**), o Mg atua diretamente na síntese de oligossacarídeos, que são fundamentais, principalmente em grãos armazenados, garantindo que o grão permaneça vivo e seu metabolismo estável. Como os grãos são constituídos por uma parte orgânica e uma inorgânica, esperava-se que a maior atividade metabólica promovesse uma redução de sua constituição orgânica, o que conseqüentemente aumentaria o conteúdo mineral ao equilibrar os compostos.

Não se observou pela avaliação das Figuras 31 a 38 uma tendência, ou mesmo influência importante dos fatores de armazenamento sobre o teor de zinco, manganês, cobre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos grãos. Todavia, os minerais podem lixiviar do grão para o meio externo, e dentro desta concepção, pode-se entender que a água oriunda do processo metabólico do grão e externada do mesmo pode levar consigo alguns constituintes como os compostos inorgânicos, que poderão ser aderidos à superfície de outros grãos, ou mesmo, à embalagem.

Por serem os grãos constituídos de uma parte orgânica e uma inorgânica, era esperado que a maior atividade metabólica promovesse redução de sua constituição orgânica, o que conseqüentemente elevaria os teores minerais por balanceamento

de compostos. Todavia, deve-se considerar que as respostas bioquímicas são particulares de cada grão, embora para alguns parâmetros ainda se observe algumas tendências. Pereira et al. (2011) citam como fatores influentes na constituição orgânica e inorgânica dos grãos as condições edafoclimáticas nos períodos em que o vegetal está em florescimento e estruturação das vagens. Ainda segundo esse autor, o aumento do fornecimento hídrico associado à reduzida temperatura no cultivo pode ser fator determinante na redução do teor mineral em feijões.

Embora se traga a elucidação das nuances de minerais por compensação de acordo com as alterações do conteúdo de matéria orgânica, ressalta-se, conforme já mencionado e compartilhado por Pereira et al. (2011), o ano de cultivo e o genótipo como um dos fatores determinantes no conteúdo mineral de grãos.

De maneira geral, como entendimento parcial observa-se que o cultivo de lentilha em diversos países do mundo em solos que, geralmente, não apresentam balanceamento mineral, é um importante fator a ser considerado de forma local, merecendo estudos aprofundados que elucidem essas influências (KUMAR et al., 2013) e possam trazer informações sobre esta correlação.

É relatado na literatura também que a redução da temperatura mantém a qualidade do vegetal, pois diminui a atividade metabólica do grão, retardando a taxa respiratória, e conseqüentemente, a atividade de água, promovendo manutenção dos nutrientes (FIGUEIRA et al., 2009) e evitando descaracterização do produto.

Para Sravanthi et al. (2013), de maneira geral, mesmo sob elevada temperatura e umidade até 15% as lentilhas vermelhas conseguem manter boa qualidade após 16 semanas de armazenamento, com exceção dos grãos submetidos à temperatura de 40°C e 17,5% de umidade, que necessitaram secagem após 28 dias. Para Hasan et al. (2017), o ideal é o armazenamento pelo menor período possível, sobretudo, em sistema hermeticamente fechado.

4.1 Análise de componentes principais

Para reduzir o número de fatores descritivos, todas as variáveis dependentes foram submetidas à Análise de Componentes Principais (ACP), mas a variabilidade foi mantida. Para explicar a distribuição dos grupos, foi necessário um número menor de CPs. Estes foram baseados na quantidade de correlações altas e/ou médias entre as variáveis dependentes e dependiam da população estudada (HAIR et al., 2009). Portanto, de acordo com a regra estabelecida por Jolliffe (2002), apenas os dois primeiros PCs foram utilizados para análise, prevendo uma variação de 70%.

À temperatura de 15°C, o CP1 apresentou o maior autovalor (16,39) e representou 56,52% da variabilidade no conjunto de dados. O segundo CP teve um autovalor de 4,80 e foi responsável por 16,57% da variação nos dados. O restante dos CPs gerados produziu progressivamente autovalores menores e não explicou significativamente a variabilidade dos dados. Os dois primeiros CPs explicaram 73,09% da variação total, o que permitiu o gráfico das pontuações e a carga fatorial dos componentes para cada umidade e tempo no armazenamento (Figura 39A).

A formação de diferentes grupos mostrou as diferenças entre o tempo no armazenamento. Os autovetores correspondentes a CP1 foram o resultado do carregamento das variáveis originais nesse componente e representaram uma medida da importância relativa de cada variável. No CP1, ângulo Hue (-0,29), antocianinas (-0,29), ABTS (-0,29), fenólicos totais (0,29), taninos (0,29), a* (0,28) e fenóis simples (0,27) contribuíram para essa diferenciação. No CP2, diâmetro (-0,32), DPPH (-0,27) e L* (0,27) também contribuíram para essa diferenciação.

O grupo formado no canto superior esquerdo foi composto pelos maiores tempos de armazenamento (240, 300 e 360 dias) para as três umidades testadas (10, 12 e 14%). Este grupo concentrou as maiores médias de fenóis totais, fenóis simples, taninos, a* e DPPH. Enquanto no outro grupo houve os menores tempos de armazenamento (60, 120, 180, além do controle, inicial) também para as três umidades, mas com os maiores valores médios para ABTS, L*, ângulo Hue e antocianinas (Informação Suplementar - S1 a S3; Figura 39A e Figura 42). Correlações positivas foram registradas entre ABTS e antocianinas ($r = 0,94$; $P < 0,01$) e ângulo Hue ($r = 0,95$; $P < 0,01$).

Os dois primeiros componentes principais na temperatura de 25°C responderam por 74,37% da variação total, enquanto no CP1 obteve autovalor de 15,53 e respondeu por 53,56% da variação total. O CP2 foi responsável por 20,81% da variação, com autovalor de 6,04 (Fig. 1B). Os autovetores correspondentes ao CP1 foram ABTS (-0,29), ângulo Hue (-0,28), antocianinas (-0,27), a* (0,28), fenóis totais (0,28), fenóis simples (0,28) e taninos (0,27); os principais autovetores correspondentes ao CP2 foram peso (-0,33), croma (-0,33), K (-0,31) e Ca (0,31), os quais contribuíram para a diferenciação do tempo no armazenamento (Figura 39B).

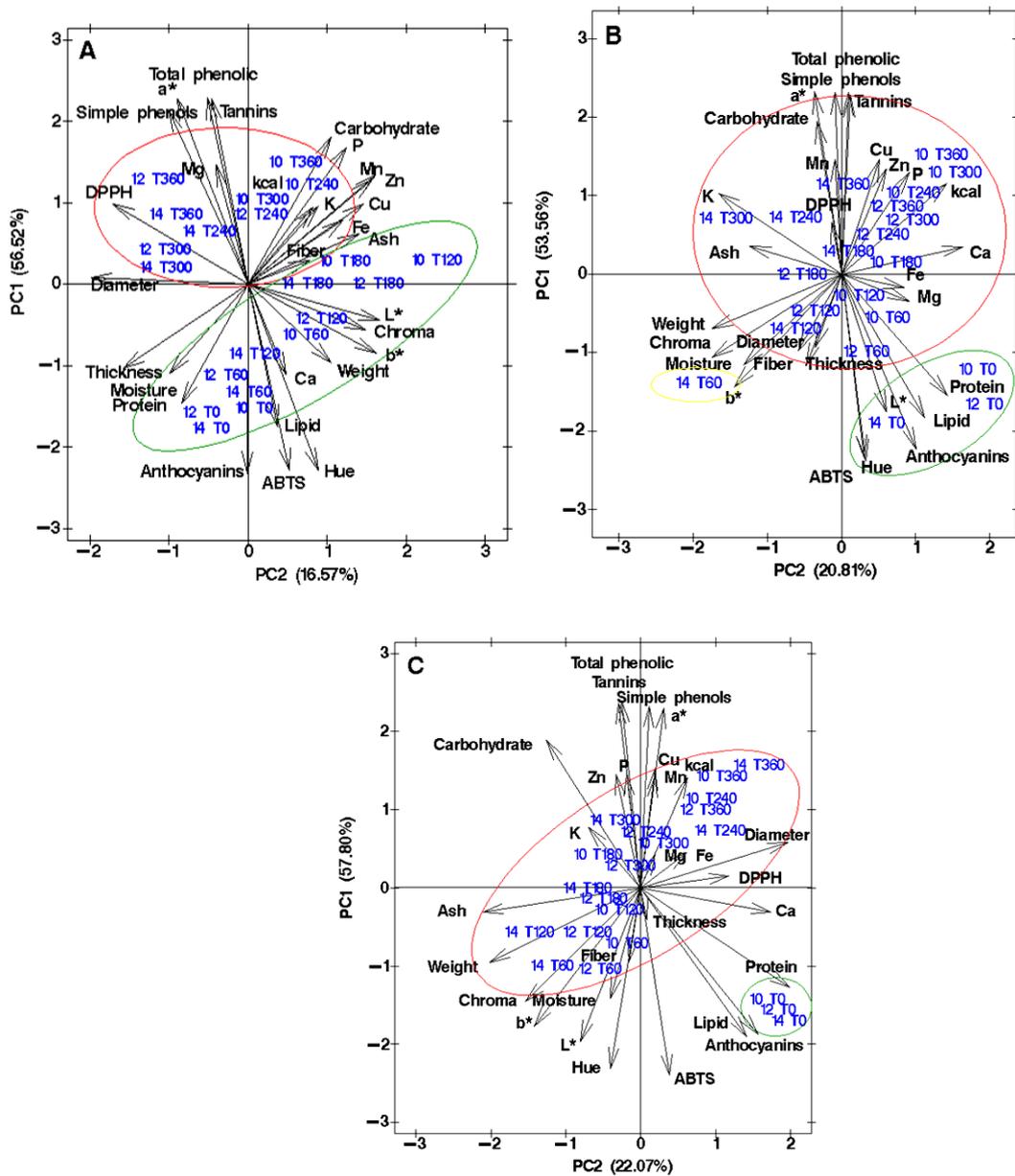


Figura 39. Escores de plotagem e cargas fatoriais de CP1 e CP2, relacionadas às variáveis dependentes analisadas. Para temperaturas de 15°C (A), 25°C (B) e 35°C (C) nas diferentes umidades (10, 12 e 14%) ao longo dos tempos de armazenamento (T) (0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias). * As figuras estão com texto em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.

O teor de umidade seguiu a tendência inicial para cada grupo de temperatura e, com o tempo, diminuiu nas amostras embaladas a $\geq 25^{\circ}\text{C}$ (Informações Suplementares - S4, S5 e S6). As sementes de lentilha são altamente higroscópicas, trocando facilmente a umidade com o meio ambiente (HASAN et al., 2017). Sua higroscopicidade se deve à pequena área e à grande superfície de contato, além de um tegumento com permeabilidade razoável, influenciando também o peso dos grãos.

Aos 360 dias de armazenamento, foi identificada uma redução no teor de proteínas, principalmente em grãos armazenados a uma temperatura de 35°C, sendo este o fator mais influente para o parâmetro avaliado. Essa alta temperatura gerou um estresse tão intenso e elevou a taxa metabólica, portanto, o grão precisou de mais energia para manter seu metabolismo, obtendo por carboidratos, principalmente amido, que, quando utilizado, liberavam proteínas que interagiam intimamente com ele. Essa proteína degradada liberou aminoácidos que foram utilizados para a síntese de enzimas essenciais para a manutenção metabólica do grão.

O conteúdo lipídico dos grãos mostrou uma redução perceptível do início ao fim do experimento, sendo inferior aos trazidos por Gharibzahedi et al. (2012).

Aos 180 dias, observa-se uma redução mais acentuada na amostra armazenada a 25°C com 14% de umidade, o que nos traz mais uma vez evidências da alta taxa metabólica dos grãos e, portanto, também do uso de lipídios em processos bioquímicos. Sua ascensão até o dia 240 pode ser interpretada como um aumento na produção hormonal, uma vez que o ácido abscísico (isoprenóide, da classe dos sesquiterpenos) também induz a síntese de lipídios, estabelecendo dormência no grão, evitando a dessecação e, conseqüentemente, garantindo sua

vida e qualidade, contemplando a liberação de giberelinas que promovem o aumento do uso de reservas lipídicas. Os carboidratos, juntamente com o teor de lipídios e proteínas, estruturam a caracterização energética dos alimentos. As lentilhas, assim como outros vegetais, não têm capacidade de síntese mineral; portanto, todo elemento inorgânico é proveniente de sua absorção pelo solo (planta de fitorremediação). O aumento do teor de cinzas observado até os 120 dias deve-se ao consumo de matéria orgânica, como também proposto por Bhattacharya e Raha (2002).

A composição química está intimamente relacionada aos parâmetros físicos e tecnológicos dos grãos, principalmente o peso, as medidas de área e a cor. As características físicas visíveis são de grande importância, pois o consumidor primeiro tende a escolher o produto por suas características visuais, como, por exemplo, tamanho e cor do grão.

Após 180 dias de armazenamento, houve uma leve redução da luminosidade para amostras armazenadas com temperatura e umidade mais altas, causadas por estresse metabólico. A luminosidade tegumentar é um dos parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos de lentilha, portanto, sua diminuição pode trazer a ideia de perda de qualidade, diminuindo a preferência desse grão.

Os grãos apresentaram cor verde tegumentar inicial, no entanto, durante o armazenamento, foi evidenciada a tonalidade vermelha (marrom avermelhado), e essa tendência seguiu o aumento da temperatura e da umidade de armazenamento, além de ser diretamente proporcional ao tempo. O declive vermelho é devido à presença de compostos fenólicos, aumentado devido ao estresse metabólico causado pelo armazenamento, semelhante ao trazido por Kumar et al. (2013).

Houve aumento de peso para todas as amostras até o dia 180 com armazenamento a 15°C, o que pode ser explicado pela troca de umidade entre os grãos mais jovens. Após 180 dias a 35°C de armazenamento, houve uma redução no peso, o que indica uma alta atividade metabólica dos grãos para se adaptar ao processo de armazenamento, utilizando, acima de tudo, sua constituição orgânica para esse fim (Informações Suplementares - S7, S8 e S9).

A redução no peso dos grãos reflete perdas quantitativas que impactam diretamente a economia. Este reflexo é devido ao armazenamento incorreto, mesmo por curtos períodos. É prática comum entre os produtores armazenar grãos até o momento em que a economia dos países oferece um preço de venda mais alto, trazendo maior rentabilidade.

No entanto, é possível que, devido ao processo ineficiente de armazenamento, os grãos percam peso (principalmente devido à perda de água) e, conseqüentemente, seu valor comercial e qualidade sejam significativamente reduzidos. Nesse sentido, o presente trabalho responde a uma das questões mais importantes em relação ao armazenamento, que é a manutenção das características que permitem a venda a preços capazes de atingir as margens de lucro adequadas à manutenção das propriedades.

Corroborando esses dados, estudos revelam que a redução no peso pode ser explicada pelo consumo metabólico de matéria seca como proteínas, carboidratos e lipídios (FERREIRA et al., 2018; DEMITO et al., 2019).

Houve a formação de um grande grupo composto pela maioria dos níveis de tratamentos. Nesse grupo, os grãos de lentilha que apresentaram os maiores tempos de armazenamento, nas três umidades, obtiveram os maiores valores médios para taninos, fenóis totais, fenóis simples, a^* e DPPH. O segundo grupo formado foi representado apenas por grãos submetidos a 14% de umidade e armazenados por até 60 dias, com maiores valores médios de peso, cor, umidade, b^* , diâmetro e fibra.

O terceiro grupo foi formado por grãos que não foram submetidos a armazenamento (inicial) nas três umidades, com médias mais altas de antocianinas, ângulo Hue, ABTS, proteínas e lipídios (Informações Suplementares - S4 a S6; Fig. 1B e Figura 42). Correlações positivas foram obtidas entre ABTS com ângulo Hue ($r = 0,91$; $P < 0,01$), antocianinas ($r = 0,93$; $P < 0,01$), proteína ($r = 0,63$; $P < 0,01$) e lipídios ($r = 0,73$; $P < 0,01$).

Quanto à temperatura de 35°C, o CP1 foi responsável por 57,80% com um autovalor de 16,77 e o CP2 caracterizou 22,07% da diferenciação com um autovalor menor (6,39), juntos eles representaram 79,87% da variação total. As variáveis que

determinaram a separação dos grupos com seus autovetores foram ABTS (-0,28), fenólico total (0,28) e taninos (0,28) para CP1; e cinzas (-0,36), peso (-0,34), diâmetro (0,34) e proteína (0,34) para CP2 (Figura 39C). O comportamento obtido para grãos de lentilha a 35°C foi semelhante a 25°C, exceto pela presença do grupo representado apenas por grãos de lentilha submetidos a 14% de umidade e armazenados por até 60 dias (Informações Suplementares - S7 a S9 e Figura 39C).

4.2 Análises de superfície de resposta

A ANOVA dos modelos de regressão indicou que os modelos resultantes eram altamente significativos ($P < 0,05$), não apresentando falta significativa de ajuste. Portanto, esses modelos podem ser usados para descrever os efeitos das variáveis independentes selecionadas (temperatura, umidade e tempo de armazenamento) no ângulo da tonalidade, fenólico total, antocianinas totais e ABTS (Figuras 40 e 41).

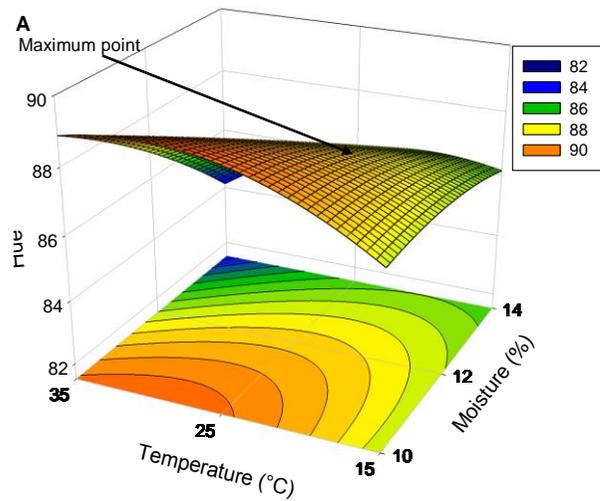
O ângulo Hue foi afetado significativamente pela temperatura, umidade e tempo de armazenamento. Os efeitos linear e quadrático da temperatura, umidade e tempo de armazenamento e suas interações foram observados no ângulo Hue. A falta de ajuste não foi significativa ($F = 0,14$; $P > 0,05$), mostrando que a equação da superfície de resposta descreveu adequadamente os dados (Figuras 40A, B e C). A relação entre o ângulo Hue e as variáveis independentes está representada nas Figuras 40A, B e C e também pode ser vista na Figura 42. A análise de pontos canônicos e estacionários indicou que o ponto estacionário era um ponto máximo, com temperatura de 19,6°C, umidade de 11,9% e tempo de armazenamento de 162,07 dias. Sob essas condições, o ângulo Hue era de 85,85.

Fenólicos totais e antocianinas foram significativamente afetados pela temperatura, umidade e tempo de armazenamento. Os efeitos linear e quadrático da temperatura, umidade e tempo de armazenamento e suas interações foram observados nas antocianinas, fenólicos totais e antocianinas totais (Figura 41). A falta de ajuste não foi significativa para fenólicos totais ($F = 0,02$; $P > 0,05$) e

antocianinas totais ($F = 0,54$; $P > 0,05$), mostrando que a equação da superfície de resposta descreveu adequadamente os dados.

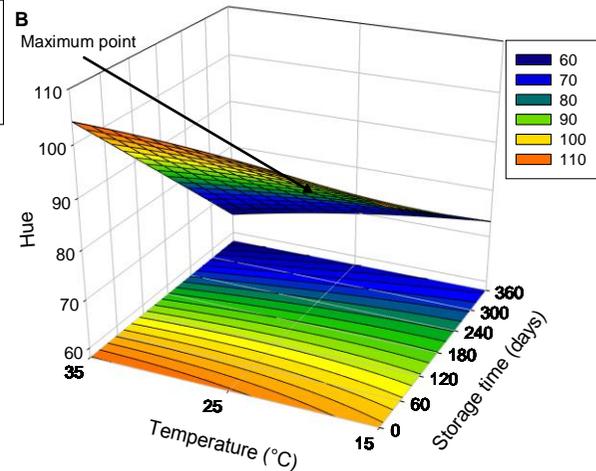
A análise dos pontos canônico e estacionário indicou que o ponto estacionário era um ponto máximo para fenóis totais (Figuras 41A, B e C) e ponto de sela para antocianinas totais (Figuras 41D, E e F). Por otimização matemática, as condições ideais para fenóis totais foram temperatura de $19,3^{\circ}\text{C}$, umidade de 12% e tempo de armazenamento de 192 dias. Nestas condições, os compostos fenólicos totais foram de $6,73 \text{ mg/g}$. Para antocianinas totais, a temperatura de 18°C , uma umidade de 11,9% e o tempo de armazenamento de 108 dias obtiveram $1,77 \text{ mg/100g}$ de antocianinas totais.

Os efeitos linear e quadrático da temperatura, umidade e tempo de armazenamento e suas interações foram observados no ABTS (Figura 41). A falta de ajuste não foi significativa para ABTS ($F = 0,03$; $P > 0,05$), mostrando que a equação da superfície de resposta descreveu adequadamente os dados. A análise indicou que o ponto estacionário era uma sela para o ABTS, com temperatura de 18°C , umidade de 10,9% e tempo de armazenamento de 160 dias com $1610 \mu\text{Mol TE/g}$ (Figuras 41 D, E e F).



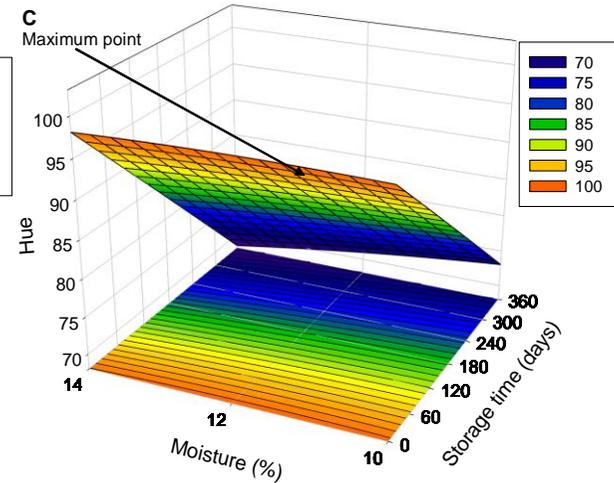
$$y = 63.34 + 1.10x_1 + 2.48x_2 - 0.05x_1x_2 - 0.01x_1^2 - 0.08x_2^2$$

$$R^2 = 0.85; R^2_{adj.} = 0.84; df = 5; F = 3.24; P = 0.04$$



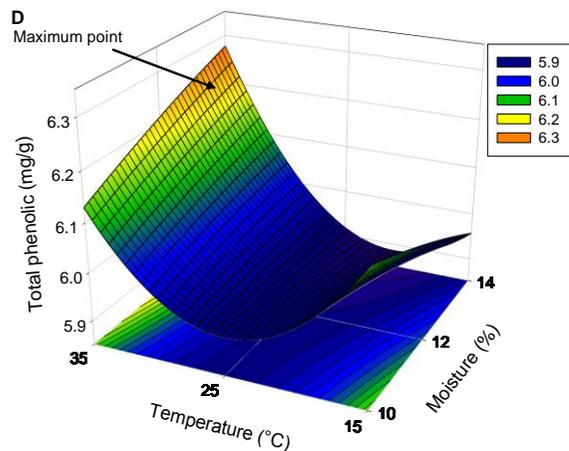
$$y = 89.44 + 0.77x_1 - 0.04x_2 - 0.002x_1x_2 - 0.01x_1^2 - 0.000002x_2^2$$

$$R^2 = 0.90; R^2_{adj.} = 0.89; df = 5; F = 324.33; P < 0.0001$$



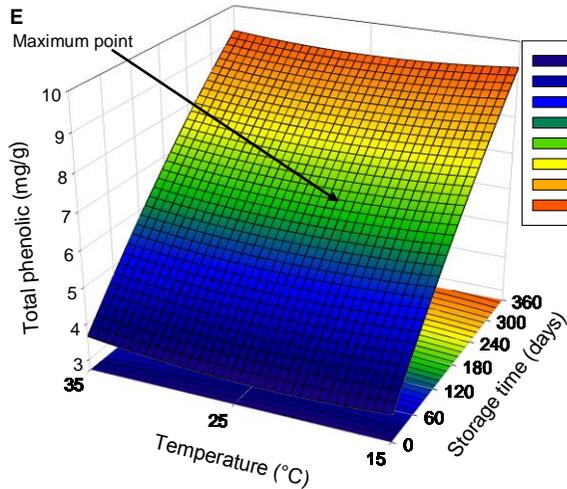
$$y = 88.32 + 1.82x_1 - 0.04x_2 - 0.003x_1x_2 - 0.08x_1^2 - 0.000002x_2^2$$

$$R^2 = 0.85; R^2_{adj.} = 0.84; df = 5; F = 210.49; P < 0.0001$$



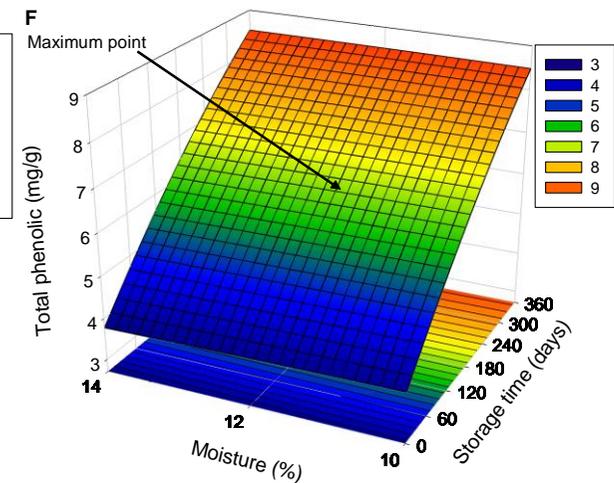
$$y = 7.96 - 0.14x_1 - 0.06x_2 + 0.004x_1x_2 + 0.002x_1^2 - 0.0018x_2^2$$

$$R^2 = 0.76; R^2_{adj.} = 0.75; df = 5; F = 10.94; P = 0.02$$



$$y = 4.35 - 0.09x_1 + 0.02x_2 - 0.00003x_1x_2 + 0.002x_1^2 - 0.000009x_2^2$$

$$R^2 = 0.92; R^2_{adj.} = 0.91; df = 5; F = 398.08; P < 0.0001$$



$$y = 3.90 + 0.02x_1 + 0.015x_2 + 0.0001x_1x_2 - 0.002x_1^2 - 0.000009x_2^2$$

$$R^2 = 0.89; R^2_{adj.} = 0.88; df = 5; F = 302.21; P < 0.0001$$

Figura 40. Superfície de resposta e gráfico de contorno para o ângulo Hue (A, B e C) e fenólico total (mg / g) (D, E e F) de grãos de lentilha verde. A e D: efeito da interação entre temperatura e umidade. B e E: efeito da interação entre temperatura e tempo de armazenamento. C e F: efeito da interação entre umidade e tempo de armazenamento. *Os textos das figuras estão em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.

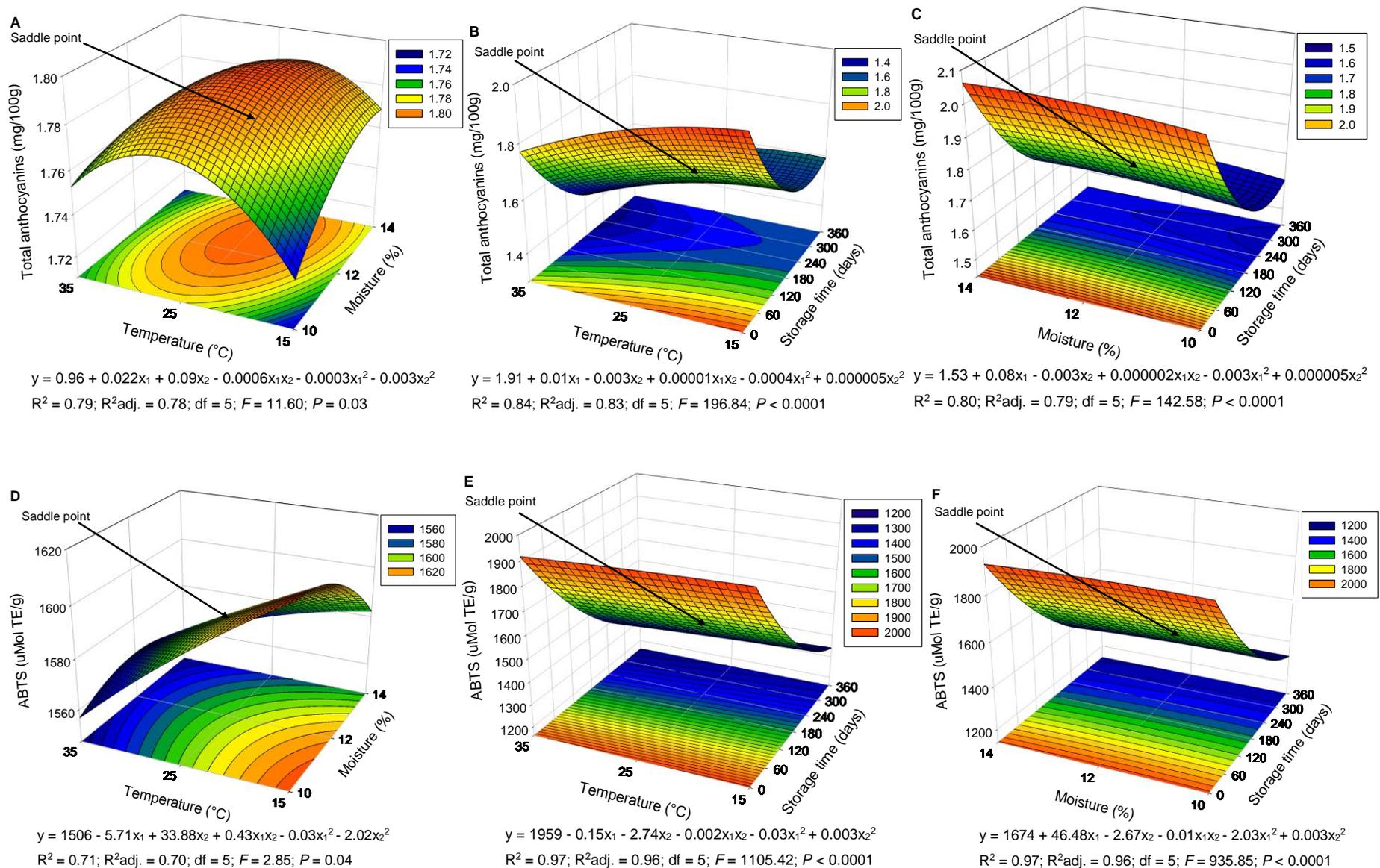


Figura 41. Superfície de resposta e gráfico de contorno para antocianinas totais (mg/100g) (A, B e C) e ABTS (μMol TE/g) (D, E e F) de grãos de verde. A e umidade e tempo de armazenamento. *As figuras estão em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.* Os textos das figuras estão em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.

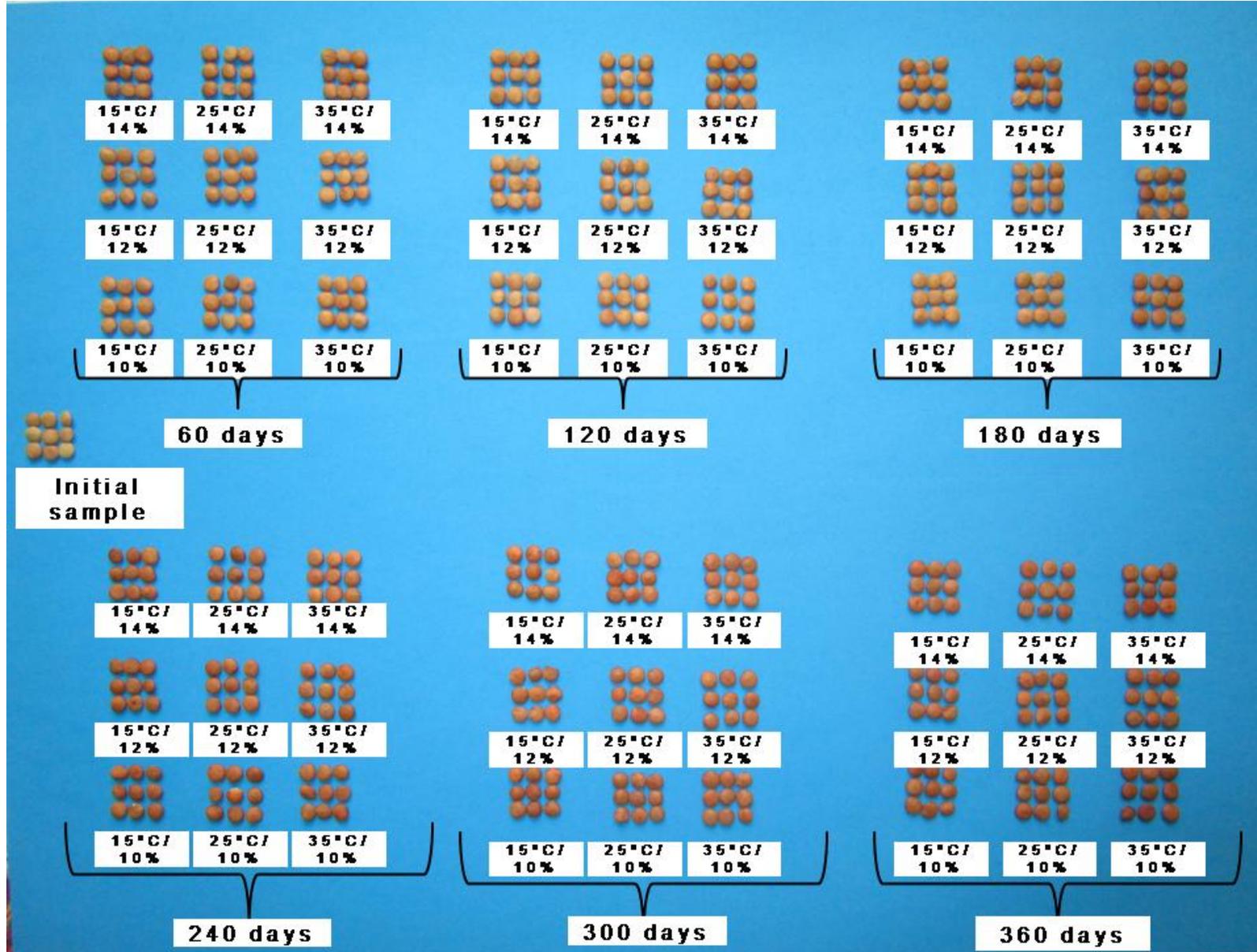


Figura 42. Aparência visual dos grãos de lentilha verde ao longo do armazenamento sobre diferentes condições de temperatura e umidade. *Os textos das figuras estão em inglês porque são as mesmas utilizadas no artigo que obteve aprovação.

5 CONCLUSÕES

5.1 A elevação da temperatura de armazenamento promove redução da umidade dos grãos.

5.2 Durante os 12 meses de armazenamento a lentilha armazenada a 15°C e com baixa umidade apresenta equilíbrio nos teores de proteína e de lipídios.

5.3 A baixa umidade (10%) garante preservar melhor o teor energético e a composição carboidrática.

5.4 A associação do maior tempo de armazenamento com a maior temperatura e a maior umidade acarreta escurecimento e intensificação da tonalidade avermelhada aos grãos, sendo inversamente proporcionais à capacidade de captura de radicais catiônicos.

5.5 Os teores proporcionais de fenóis (totais e simples) e de taninos aumentam com o aumento do tempo de armazenamento.

5.6 Armazenamento a 15°C com grãos a 12% de umidade se mostra mais eficiente na preservação dos grãos, embora a composição bioativa e atividade antioxidante apresentem melhores resultados no armazenamento a 35°C e 12% de umidade.

5.6 Baixa temperatura (15°C) e baixa umidade (10%) proporcionam condições adequadas de armazenamento, evidenciadas pela manutenção das características tecnológicas e químicas dos grãos.

5.7 A atividade metabólica dos grãos se intensifica com aumento do tempo de armazenamento.

5.8 Os três maiores tempos de armazenamento (240, 300 e 360 dias) para as três umidades testadas trazem grãos com os mais altos níveis de fenóis totais, fenóis simples, taninos, a^* e DPPH.

5.9 Os três menores tempos de armazenamento (60, 120 e 180), juntamente com a amostra inicial nas três umidades, proporcionam maiores valores de antocianinas, L^* , ângulo de matiz e ABTS.

6 REFERÊNCIAS

AACC – American Association Cereal Chemists. **Approved methods**. 8 ed. Saint Paul, 1995.

ABBA, E. J.; LOVATO, A. Effect of seed storage temperature and relative humidity on maize (*Zea mays* L.) seed viability and vigour. **Seed Science and Technology**, v.27, p.101-114, 1999.

ABDEL-AAL, E. S. M.; HUCL, P. Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.51, p.2174- 2180, 2003.

AGUNBIADE, S.A.; LONGE, OYEBIODUN, G. L. The physico-functional characteristics of starches from cowpea (*Vigna unguiculata*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and yabean (*Spenosty lisstenocarpa*). **Food Chemistry**, v.65, p.469-474, 1999.

AKESON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 83, n. 3, p. 257-261, 1964.

ALAM, M. Z., HOQUE, M. A., AHAMMED, G. J., MCGEE, R., & CARPENTER-BOGGS, L. (2019). Arsenic accumulation in lentil (*Lens culinaris*) genotypes and risk associated with the consumption of grains. **Scientific reports**, 9(1), 1-9.

ALENCAR, E. R.DE, & FARONI, L. R. D. A. (2011). Storage of Soybeans and Its Effects on Quality of Soybean Sub-Products. In **Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products**. IntechOpen.

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D'A.; LACERDA FILHO, A.F.; PETERNELLI, L.A.; COSTA, A.R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

AMARENDER, A.R. Pulses production technology: status and way forward. **Economic & Political Weekly**, vol.44, p. 73-80, 2009.

AMAROWICZ, R.; ESTRELLA, I.; HERNÁNDEZ, T.; ROBREDO, S.; TROSZYNSKA, A.; KOSINSKA, A.; PEGG, R. B.Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). **Food Chemistry**, v. 121, p. 705- 711, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 18 ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.2005.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC US, 2006.

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Moisture measurement – unground grain and seeds. In: **Standards**. St. Joseph: ASAE, p. 563, 2000.

ÁVILA, Bianca Pio. **Efeito dos processamentos nas propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais de feijão comum e caupi e sua aplicação em panificação**. 130f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, 2014.

BARBOSA, Douglas Rafael Silva. **Efeitos da radiação microondas nas diferentes fases do ciclo evolutivo de *Callosobruchus maculatus* (fabr. 1775) (coleóptera: bruchidae) visando seu controle em feijão-caupi**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

BARNETT, V.; LEWIS, T. **Outliers in Statistical Data**. John Wiley & Sons, 3 edition, 1994.

BARRUETO-GONZALEZ, N. B. Biodisponibilidade de minerais das fontes leguminosas. **Revista Simbio-Logias**, v.1, n.1, 2008.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 155, n. 3, p. 135-141, 2002.

BOX, G.E.P., BEHNKEN, D.W., 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics* 2, 455-475.

BRAGANÇA, G. C. M., ZIEGLER, V., ÁVILA, B. P., MONKS, J. L. F., PERES, W., & ELIAS, M. C. (2020). Multivariate analysis of the conditions of temperature, moisture and storage time in the technological, chemical, nutritional parameters and phytochemical of green lentils. **Journal of Stored Products Research**, 87, 101617.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio do Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. (Documento, 187).

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

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992, 365p.

BRASIL. MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO. Laboratório Nacional Agropecuário-RS, Laboratório de Análises para Classificação Vegetal. **Classificação física de lentilha**. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-pov-iqa/met-lacv-02-02-classificacao-fisica-de-lentilha.pdf/view> Acesso em: 18 dez. 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Portaria nº 65, de 16 de fevereiro de 1993, que define as características de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação da lentilha que se destina à comercialização**. Disponível em: http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/lentilha065_93.pdf. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRUMMER, Y.; KAVIANI, M.; TOSH, S. M. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. **Food Research International**, v. 7, p. 117-125, 2015.

CANADIAN GRAIN COMMISSION. **Official Grain Grading Guide**. Winnipeg, MB: Canadian Grain Commission, 2008.

CEZAR, T. M. **Fatores nutricionais e antinutricionais no processamento de feijão comum armazenado**. 58p. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2011.

CGC. **Official grain grading guide. Canadian Grain Commission**, Winnipeg, Manitoba, Canada, 2014. Disponível em: <http://www.grainscanada.gc.ca/oggg-gocg/18-lentils-2014-eng.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018.

CHAMP, M.; KOZLOWSKI, F.; LECANNU, G. *In vivo* and *in vitro* methods for resistant starch measurement. In: **McCleary V, Prosky L. Advanced dietary fibre technology**. Oxford: Blackwell Science, p.106-19, 2001.

CHUA, S. C., MALEK, M. A., CHONG, F. K., SUJARWO, W., & HO, Y. C. (2019). Red lentil (*Lens culinaris*) extract as a novel natural coagulant for turbidity reduction: An evaluation, characterization and performance optimization study. **Water**, 11(8), 1686.

COLONNA, P.; LELOUP, V.; BULÉON, A. Limiting factors of starch hydrolysis. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n.2, p. S17-S32, 1992.

DE JESUS BENEVIDES, C. M.; DE LIMA, J. C. C.; CAVALCANTI, M. S. C.; SOUZA, T. E.; LOPES, M. V. Avaliação do Efeito do Processamento nos Teores de Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante do Feijão Mangalô (*Lablabpurpureus* (L.) Sweet) e Feijão Guandu (*Cajanuscajan* (L.) MillSp). **Revista Virtual de Química**, v.9, n.2, p.1-11,2017.

DEL BEM, M.S.; POLES, L.F.; SARMENTO, S.B.S.; Propriedades funcionais de amido de leguminosas em associação à hidrocoloides. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 103-116, 2011.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolusvulgaris*L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DEMITO, A., ZIEGLER, V., GOEBEL, J.T.S., KONOPATZKI, E.A., COELHO, S.R.M., ELIAS, M.C., 2019. Effects of refrigeration on biochemical, digestibility, and technological parameters of carioca beans during storage. **Journal of Food Biochemistry** 43, e12900.

DERRINGER, G.C., 1994. A balancing act: optimizing a Product's properties. **Quality Progress** 27, 51-58.

DERRINGER, G., SUICH, R., 1980. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**12, 214-219.

DOBZANŃSKI, B.; RYBCZYŃSKI,R. Influence of packing method on colour perception improving the appearance of fruits and vegetables. **Research in Agricultural Engineering**, v. 54, n. 2, p. 97-103, 2008.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452. 2006.

ELIAS, Moacir Cardoso. **Espora para secagem e tempo de armazenamento na qualidade de arroz para semente e indústria**. 164f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

ELIAS, M. **Armazenamento e Conservação de Grãos**. Universidade Federal de Pelotas, 3.ed. Pelotas: UFPEL, 2003,107p.

ELIAS, M. C. *et al.* Operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. In: ELIAS, M. C. (Ed.). **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: UFPel, p. 147-244,2007.

ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos.** Pelotas. Ed. Santa Cruz. 2008,362p.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, v. 39, n.1 p. 25-30, 2009.

ELIAS, M. C.; ROMBALDI, C. V.; BUTOW, J.; MORAES, M. L. B.; DIAS, A. R. G.; FORLIN, F. J.; SILVA, J.A.; NORA, L.; LUZ, M. L. G. S.; PETER, M. Z. **Secagem, armazenamento e conservação de grãos na propriedade rural.** In: Curso de Tecnologia Agroindustrial em Pequena Escala para Agricultores. Pelotas, DCTA/FAEM/UFPEL, p. 86-125, 1990.

ELIAS, M.C.; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A.; NORA, L.; DIAS, A. R. G. Secagem e armazenamento de grãos: sistemas, processos e métodos. **Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul do Rio Grande do Sul.** UFPEL-FAEM-DCTA. Pelotas, 1997,52p.

ELIAS, M.C.; SILVA, L.H.; CALDASSO, L.H.S.; GHESTI, C.J. Armazenamento hermético de milho em pequena escala. In: **Reunião Anual de Pesquisa da Cultura do Milho**, 45, Porto Alegre, 2002. FEPAGRO-EMBRAPA-EMATER, Porto Alegre, v.6 p. 2002.

EL-REFAI, A. A.; HARRAS, H. M.; EL-NEMR, K. M.; NOAMAN, M. A. Chemical and technological studies on faba bean seeds. I. Effect of storage on some physical and chemical properties. **Food Chemistry**, v.29, p.27-39, 1988.

ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n.2, p.S33-S50, 1992.

ESTADOS UNIDOS. US Department of Agriculture Agricultural Research Service. **USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 14: Nutrient Data Laboratory Home Page.** US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2001.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p. 802-806, 2005.

FARIS, M. A. E., & ATTLEE, A. (2017). Lentils (*Lens culinaris* L.): a novel functional food. **Exploring the Nutrition and Health Benefits of Functional Foods, USA: ICI Global**, 42-72.

FERREIRA, C.D., ZIEGLER, V., LINDEMANN, I.S., HOFFMANN, J.F., VANIER, N.L., OLIVEIRA, M., 2018. Quality of black beans as a function of long-term storage

and moldy development: chemical and functional properties of flour and isolated protein. **Food Chemistry** 246, 473-480.

FERREIRA, C. D., ZIEGLER, V., PARAGINSKI, R. T., VANIER, N. L., ELIAS, M. C., & OLIVEIRA, M. (2017). Physicochemical, antioxidant and cooking quality properties of long-term stored black beans: effects of moisture content and storage temperature. **International Food Research Journal**, 24(6).

FREITAS, R. A. de; NASCIMENTO, W. M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista brasileira de sementes** [online], v.28, n.3, pp. 59-63, 2006.

FREITAS, M.C.J. Amido resistente: propriedades funcionais. **Nutrição Brasil**, v.1, p.40-49, 2002.

FURMANIAK, S.; TERZYK, A. P.; GAUDEN, P. A. The general mechanism of water sorption on foodstuffs – importance of the multi temperature fitting of data and hierarchy of models. **Journal of Food Engineering**, v. 82, p.528–535, 2007.

GANESAN, K.; XU, B. Polyphenol-rich lentils and their health promoting effects. **International Journal of Molecular Sciences**, v.18, n.11, p.1-23, 2017.

GARCÍA, F. P.; MARTÍNEZ, A. J. G. Evaluación de las isotermas de sorción en cereales para desayuno. **Superficies y Vacío**, v. 19, n. 1, p. 12-19, 2006.

GHARIBZAHEDI, S.M.T., MOUSAVI, S.M., JAFARI, S.M., FARAJI, K., 2012. Proximate composition, mineral content, and fatty acids profile of two varieties of lentil seeds cultivated in Iran. **Chemistry of Natural Compounds** 47, 976-978.

GULARTE, M.A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos**. Pelotas, RS: Ed. Graf. UFPel, 2009, 95p.

GULARTE, M. A.; HERA, E. de La; GÓMEZ, M.; ROSELL, C. M. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.48, p. 209-214, 2012.

GUPTA, D.; THAVARAJAH, D.; THAVARAJAH, P.; MCGEE, R.; COYNE, C. J.; KUMAR, S. Lentils (*Lens culinaris*), a rich source of folates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, p.7794–7799, 2013.

GUTKOSKI, L. C.; EICHELBERGER, L.; SANTIN, J. A.; PORTELLA, J. A.; SPIER, F.; COLUSSI, R. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.4, p. 879-885, 2009.

GUZMÁN–MALDONADO, H.; JACINTO–HERNÁNDEZ, C. Y CASTELLANOS, J. Z. **Manual de métodos para determinar características de calidad em frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Campo Experimental Bajío (INIFAP–SARH), 1995, 80 p.

HAIR, J.F., BLACK, W.C., BABIN, B.J., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L., 2009. **Multivariate data analysis**. Bookman, Porto Alegre.

HARDER, M. N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.102, p.339-342, 2007.

HASAN, K.; EL SABAGH, A.; BARUTÇULAR, C.; SOHIDUL ISLAM, M. Seed quality of Lentil (*Lens culinaris*) as affected by different containers and storage periods. **Scientific Journal of Crop Science**, v.6, n.1, p. 146-152, 2017.

HASSIMOTTO, Neuza. **Atividade Antioxidante de Alimentos Vegetais: Estrutura e Estudo de Biodisponibilidade de Antocianinas de Amora Silvestre (*Morus sp.*)**. 159 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

HAUG, W.; LANTZSCHH, J. H. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, p.1423–1426, 1983.

HOOVER, R.; ZHOU, Y. *In vitro* and *in vivo* hydrolysis of starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes - a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 54, n. 4, p. 401-417, 2003.

HOOVER, R.; RATNAYAKE, W. S. Determination of total amylose content of starch. In Wrolstad, R.E.; Acree, T.E.; An, H.; Decker, E.A.; Penner, M.H.; Reid, D.S.; Schwartz, S.J.; Shoemaker, C.F.P. Sporns (Eds.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, John Wiley and Sons Inc, New York, p.E2.3.1–E2.3.5, 2001.

ILIADIS, C. Effects of harvesting procedure, storage time and climatic conditions on cooking time of lentils (*Lens culinaris* Medikus). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 6, p. 590-593, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3.ed. São Paulo, v.1, 1985, 533p.

JOHNSON, C. R.; THAVARAJAH, D.; COMBS J. R.; GERALD F.; THAVARAJAH, P. Lentil (*Lens culinaris*): A prebiotic-rich whole food legume. **Food Research International**. v. 51, p. 107-113, 2013.

JOLLIFFE, I.T., 2002. Principal Component Analysis. Springer-Verlag, New York.
JOSHI, M.; ADHIKARI, B.; PANOZZO, J.; ALDRED, P. Water uptake and its impact on the texture of lentils (*Lens culinaris*). **Journal of Food Engineering**, v. 100, p. 61-69, 2010.

JOSHI, M.; TIMILSENA, Y.; ADHIKARI, B. Global production, processing and utilization of lentil: A review. **Journal of integrative Agriculture**, v. 16, n.12, p. 2898-2913, 2017.

KLUSKA, M., JUSZCZAK, M., WYSOKIŃSKI, D., ŻUCHOWSKI, J., STOCHMAL, A., & WOŹNIAK, K. (2019). Kaempferol derivatives isolated from *Lens culinaris* Medik. reduce DNA damage induced by etoposide in peripheral blood mononuclear cells. **Toxicology Research**, 8(6), 896-907.

KOUVOUTSAKIS, G.; MITSI C.; TARANTILIS, P. A.; POLISSIOU, M. G.; PAPPAS, C. S. Geographical differentiation of dried lentil seed (*Lens culinaris*) samples using Diffuse Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (DRIFTS) and discriminant analysis. **Food Chemistry**. v. 145, p. 1011-1014, 2014.

KUMAR, S. K.; BARPETE, S.; KUMAR, J.; GUPTA, P.; SARKER, A. Global lentil production: constraints and strategies. **SATSA Annual Tech Issue**, v.17,p.1-13, 2013.

KUSKOSKI, E. M. Atividade antioxidante de pigmentos antociânicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 691-693, 2004.

LACERDA, Liziane Dantas. **Avaliação das propriedades físico-químicas de proteína isolada de soja, amido e glúten e suas misturas**. 91f. Dissertação. Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química. Porto Alegre - RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

LANDIM, L. A. S. R.; CUNHA, E. M. F.; ARAÚJO, M. A. M.; SILVA, M. M. R.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Conteúdo de fenólicos totais, antocianinas, taninos e atividade antioxidante de três cultivares de feijão-caupi. In: III CONAC - Congresso Nacional de Feijão Caupi, 2013, Recife. **Anais**. Recife, 2013.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. Sensory evaluation of food principles and practices. 1ed. Missori: **Food Science Text Series**, 1998.

LAZARTE, C. E.; CARLSSON, N. G.; ALMGREN, A.; SANDBERG, A. S.; GRANFELDT, Y. Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food, and implications for mineral bioavailability. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 39, p.111-119, 2015.

LEACH, H. W.; McCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 534-544, 1959.

LEHN, D. N.; PINTO, L. A. A. Isotermas de equilíbrio e curvas de secagem para arroz em casca em silos de armazenagem. **Engenharia Agrícola**, v.12, p.177-191, 2004.

LIMA, Rafaella Araújo Zambaldi. **Armazenamento de feijão: uso da embalagem à vácuo na manutenção da qualidade**. 2013. 105 p. Tese. (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Agroquímica-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

LIU, K.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 40, p. 2483-2487, 1992.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista Nutrição**, v.16, n.2, p.219-226, 2003.

LOPES, R.T. **Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e períodos de armazenamento**. 64 p. 2011. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical-Instituto Agronômico, Campinas, 2011.

MAHAN L.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 12^o ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.; 2010.

MCGRANCE, S. J.; CORNELL, H. J.; RIX, C. J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. **Starch/Stärke**, v. 50, p. 158-163, 1998.

MENKOV, N. D. Moisture sorption isotherms of lentil seeds at several temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p.205-211, 2000.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; DE ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Embrapa Arroz e Feijão - Artigo em periódico indexado (ALICE)**,2007.

MICELI, A.; MICELI, C. Effect of thermal treatments on vitality and physical characteristics of bean, chickpea and lentil. **Journal of Stored Products Research**, v.51. p. 86-91, 2012.

MILLS, J.T.; SINHA, R.N.; WALLACE, H.A.H. Multivariate evaluation and isolation techniques for fungi associated with stored rapeseed. **Phytopathology**, v.68, p.1520-1525,1978.

MILLS, J.T.; WOODS, S.M.; WATTS, B.M.; LAMARIE, L.; WHITE, N.D.G. Comparison of three technologies to measure seed color change and its relationship to other quality parameters in stored lentils (*Lens culinaris* Medikus). **Seed Science and Technology**, v. 27, p.1015-1028,1999.

MUIR, W.E.; WHITE, N.D.G. Microorganisms in stored grain. In: MUIR, W.E. **Manitoba: Grain Preservation Biosystems**. p. 1-17,2000.

NASAR-ABBAS, S. M.; PLUMMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the

role of lignin's and other phenolics in bean hardening. **LWT – Food Science and Technology**, v.41, p.1260 – 1267, 2008.

NEPOMUCENO, D. de D.; FERNANDES, R. D.; CATUNDA-JÚNIOR, F. E. A.; CARVALHO, M. G. de; ALMEIDA, J. C. de C. Fatores antinutricionais em três espécies de leguminosas. In: XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica & VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação- Universidade do Vale do Paraíba, 2011. **Anais**. Paraíba, 2011.

NEVES, V. A.; LOURENÇO, E. J.; SILVA, M. A. Características de solubilidade da fração proteica de semente de lentilha (*Lensculinaris* Medik), Var. precoce. **Alimentos e Nutrição**, v. 9, p. 89-101, 1998.

OOMAH, B. D.; CORBÉ, A.; BALASUBRAMANIAN, P. Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. **Journal of Agriculture of Food Chemistry**, v.58, p.8225-8230, 2010.

OPOKU, A.; TABIL, L.; MEDA, V. Effect of microwave drying and storage on the color, breakage, dehulling and cooking quality of two red lentil varieties. **CSBE**, v.8, p.134-142, 2009.

PAMI - PRAIRIE AGRICULTURAL MACHINERY INSTITUTE. Research Update 678. **Lentil Storage**. ISSN 1188-4770, July 1992.

PARDE, S.R.; KAUSAL, R.T.; JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G. Mechanical damage to soybean seed during processing. **Journal of Stored Products Research**, v. 38, p.385-394, 2002.

POLESI, Luis Fernando. **Amido resistente obtido a partir de amido de leguminosas e de seus hidrolisados**. 129f. 2009. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP. 2009.

PORRES, J. M.; LÓPEZ-JURADO, M.; ARANDA, P.; URBANO, G. Bioavailability of phytic acid-phosphorus and magnesium from lentils (*Lens culinaris* M.) in growing rats: influence of thermal treatment and vitamin-mineral supplementation. **Revista Nutrition**, v. 9, p. 794-799, 2004.

RABEK, J. F. Applications of wide-angle X-Ray diffraction (WAXD) to the study of the structure of polymers. In: **Experimental Methods in Polymer Chemistry** (1^o ed., p. 505-508), Chic ester: Wiley-Interscience, 1980.

RAJI, A. O.; OJEDIRAN, J. O. Moisture sorption isotherms of two varieties of millet. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 3, p. 178-184, 2011.

RAVINDRAN, V., MOREL, P.C.H., RUTHERFURD, S.M., THOMAS, D.V. Endogenous flow of amino acids in the avian ileum is increased by increasing dietary peptide concentrations. **British Journal of Nutrition**, v. 101, p.822–828, 2009.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; FARONI, L. R. D. A.; CECON, P. R. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia** (Impr.), v.32, n.2, p. 517-524, 2008.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORREA, A.D. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 550-558, 2002.

ROSIN, P.M. **Formação de amido resistente em alimentos armazenados sob baixa temperatura (-20°C) – Estudo *in vitro* e *in vivo***. Mestrado (Dissertação). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, 2000.

ROUSSEEUW, P. J.; LEROY, A. M. Robust regression and outlier detection. **John Wiley and Sons**, New York, 1987.

ROY, F.; BOYE, J. I.; SIMPSON, B. K. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. **Food Research International**, v. 43, p. 432-442, 2010.

RUPOLLO, G.; VANIER, N. L.; DA ROSA, E.Z.; DE OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J. M.; PARAGINSKI, R. T.; DIAS, A.R.G.; ELIAS, M. C. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 3, p. 1403-1409, 2011.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L. J.; ELIAS, M. C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.

SALUNKHE, G. K.; CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. Maize: In: **Postharvest biotechnology of cereals**. Boca Raton, CRC, p. 127-146, 1985.

SANDOVAL, A. J.; BARREIRO, J. A. Water sorption isotherms of non-fermented cocoa beans (*Theobroma cacao*). **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 2, p. 119-123, 2002.

SARKAR, J., CHAKRABORTY, N., CHATTERJEE, A., BHATTACHARJEE, A., DASGUPTA, D., & ACHARYA, K. (2020). Green Synthesized Copper Oxide

Nanoparticles Ameliorate Defence and Antioxidant Enzymes in *Lens culinaris*. **Nanomaterials**, 10(2), 312.

SARTORI, M. R. Conservação da qualidade tecnológica durante o armazenamento. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 358-371, 1988.

SEHGAL, A., SITA, K., BHANDARI, K., KUMAR, S., KUMAR, J., VARA PRASAD, P. V., ... & NAYYAR, H. (2019). Influence of drought and heat stress, applied independently or in combination during seed development, on qualitative and quantitative aspects of seeds of lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes, differing in drought sensitivity. **Plant, Cell & Environment**, 42(1), 198-211.

SHONS, P. F.; LEITE, A. V.; NOVELLO, D.; BERNARDI, D. M.; MORATO, P. N.; ROCHA, L. M.; REIS, S. M. P. M.; MIYASAKA, C. K. Eficiência proteica da lentilha (*Lensculinaris*) no desenvolvimento de ratos wistar. Alimentos e Nutrição – **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 255-260, 2009.

SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos se Secagem. In: Silva, J.S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria. p.105-143, 1995.

SINCLAIR, J. B. Reevaluation of grading standards and discounts for fungus-damaged soybean seeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.72, n.12, p.1415-1419, 1995.

SINGH, N.; SANDHU, K. S.; KAUR, M. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 4, p. 441-449, 2004.

SIQUEIRA, Beatriz dos Santos. **Desenvolvimento dos fenômenos de escurecimento e endurecimento em feijão carioca: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 2013.126f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, 2013.

SILVA, R.C.S.N.; MINIM, V.P.R.; SIMIQUELI, A.A.; MORAES, L.E.S.; GOMIDE, A.I., MINIM, L.A. Optimized Descriptive Profile: a rapid methodology for sensory description. **Food Quality and Preference**, v. 24, n. 1, p. 190-200, 2012.

SOMAVILLA, M.; OLIVEIRA, V. R.; STORCK, C. R. Composição centesimal e de minerais no congelamento e uso associado de micro-ondas para descongelamento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Disciplinarium Scientia**, v. 12, n. 1, p. 103-114, 2011.

SOUZA, D. M. de; BASSINELLO, P. Z.; NÓBREGA, L. N. N. **Metodologia Científica: Aperfeiçoamento metodológico para digestão assistida via microondas na análise mineral de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)** EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Comunicado Técnico, 196. 1ª edição, versão online. ISSN 1678-961X, dezembro, Santo Antônio de Goiás, GO, 2010.

SWIECA, M.; REGUŁA, J.; SULIBURSKA, J.; ZŁOTEK, U.; GAWLIK-DZIKI, U. Effects of gluten-free breads, with varying functional supplements, on the biochemical parameters and antioxidant status of rat serum. **Food Chemistry**, v. 182, p.268–274, 2015.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (**TACO**) – UNICAMP - 4ed. rev. e ampl. – Campinas: NEPA-UNICAMP. Gráfica Book Editora. Campinas-SP, 2011. 161p.

TANG, S.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; CORNELIUS, P. L. Survival characteristics of corn seed during storage: II. Rate of seed deterioration. **Crop Science**, v.39, p.1400-1406, 1999.

THAVARAJAH, D.; THAVARAJAH, P.; SEE, C. T.; VANDENBERG, A. Phytic acid and Fe and Zn concentration in lentil (*Lens culinaris*) seeds is influenced by temperature during seed filling period. **Food Chemistry**, v.122, p.254–259, 2010.

TIECHER, Aline. **Efeito da radiação UV-C na expressão gênica e nas respostas bioquímico-fisiológicas em frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.)**. 2010. 62f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

TIVERON, Ana Paula. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil**. 2010. 103f. Dissertação. (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2010.

TRIGO, J. M. *et al.* Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal of Food Technology** [online], v.15, n.2, pp. 125-133, 2012.

VANIER, Nathan Levien. **Armazenamento de cultivares de feijão e seus efeitos na qualidade tecnológica dos grãos e nas propriedades do amido**. 90f. 2012. Dissertação (Mestrado) Ciência e Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

VIEIRA, R. F.; ROCHA, G. S. da. Desempenho de lentilhas precoces em alguns municípios de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 51, n. 298, p. 803-808, 2004.

VIEIRA, E. H. N.; BASSINELLO, P. Z.; MELO, L. C.; MOREIRA, G. A.; Peixoto, D.; GLODER, E. L. **Avaliação da qualidade tecnológica do feijão armazenado em silobolsa**. Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 2006.

VINDIOLA, O. L.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R. C. Accelerate development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Foods World**, v. 31, p. 538, 1986.

VOHRA, K.; GUPTA, V. K. Pharmacognostic evaluation of *Lens culinaris* Medikus seeds. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2-3, p. S1221-S1226, 2012.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 39-43, 2005.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; TOEWS, R.; GAWALKO, E. J. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). **LWT-Food Science and Technology**, v.42, n.4, p. 842-848, 2009.

ZAMBIASI, Clarissa Ana. **Qualidade de grãos de feijão armazenados em diferentes condições de temperatura**. 2015. 91f. Tese (Doutorado) Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

ZAVAREZE, E. R.; HALAL, S.; PEREIRA, J.; RADUNZ, A.; ELIAS, M. C.; DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 24-30, 2009.

ZHANG, B.; DENG, Z.; TANG, Y.; CHEN, P.; LIU, R.; RAMDATH, D. D.; LIU, Q.; HERNANDEZ, M.; TSAO, R. Fatty acid, carotenoid and tocopherol compositions of 20 Canadian lentil cultivars and synergistic contribution to antioxidant activities. **Food Chemistry**, v. 161, p. 296-304, 2014.

ZHANG, Y.; TABIL, L. G.; LI, X.; OPOKU, A. Effect of moisture content, postharvest treatment and storage time on physical properties and dehulling quality of red lentil. In 2008 Providence, Rhode Island, June 29–July 2, 2008 (p. 1). **American Society of Agricultural and Biological Engineers**.

ZIA-UL-HAQ, M.; AHMAD, S.; SHAD, M. A.; IQBAL, S.; QAYUM, M.; AHMAD, A.; LUTHRIA, D. L.; AMAROWICZ, R. Compositional studies of lentil (*Lens culinaris* Medik) cultivars commonly grown in Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, v.43, p 1563-1567, 2011.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C. D.; TONIETO, L.; SILVA, J. G. D.; OLIVEIRA, M. D.; ELIAS, M. C. Effects of storage temperature of whole rice grains with brown, black and red pericarps, on the physicochemical and pasting properties. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

APÊNDICES

Apêndice A. Dados Suplementares

Informação Suplementar S1

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	15°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	62.50±0.55*	68.26±0.96	65.67±0.72	68.02±1.83	63.04±0.04	62.94±0.27	62.68±0.19
Diâmetro dos grãos (mm)	6.98±0.022	6.92±0.030	6.53±0.038	6.44±0.033	6.71±0.025	6.95±0.012	6.90±0.009
Espessura dos Grãos (mm)	2.65±0.014	2.74±0.035	2.47±0.015	2.66±0.022	2.46±0.021	2.62±0.010	2.61±0.004
L*	54.85±1.66	54.50±1.04	56.07±0.96	54.90±0.57	54.36±1.11	53.85±0.68	54.02±0.61
a*	-3.97±0.059	-1.26±0.368	-0.78±0.130	0.89±0.034	4.64±0.094	6.00±0.295	6.21±0.480
b*	23.24±0.34	26.00±0.49	26.32±0.80	26.05±0.63	23.11±0.72	23.22±0.46	23.30±0.38
Ângulo Hue	99.69±0.09	92.76±0.79	91.71±0.31	88.04±0.10	78.58±0.55	75.52±0.59	75.04±1.25
Croma	23.57±0.34	26.04±0.49	26.34±0.80	26.06±0.63	23.58±0.69	23.98±0.49	24.14±0.31
Umidade(%)	10.06±0.10	10.64±0.03	10.47±0.00	10.51±0.08	9.66±0.081	10.45±0.10	10.19±0.08
Lipídio(%)	0.81±0.046	0.68±0.022	0.67±0.023	0.76±0.006	0.62±0.018	0.67±0.023	0.58±0.003
Proteína (%)	29.35±0.24	23.27±0.33	20.48±1.41	21.61±0.13	22.23±0.42	23.05±0.43	22.41±0.19
Cinzas (%)	2.63±0.032	2.66±0.028	2.79±0.023	2.85±0.025	2.86±0.015	2.62±0.012	2.77±0.023
Fibra(%)	4.76±0.046	4.22±0.244	5.00±0.444	4.82±0.098	4.66±0.256	4.92±0.085	4.62±0.263
Carboidrato (%)	52.39±0.07	58.53±0.31	60.58±0.98	59.45±0.27	59.97±0.39	58.29±0.25	59.42±0.45
Valor energético total (kcal)	334.28±0.50	333.28±1.02	330.28±1.62	331.09±0.58	334.40±1.35	331.41±0.70	332.60±1.10
Fósforo (P) (g/kg)	3.67±0.049	4.56±0.038	4.86±0.486	4.84±0.152	4.53±0.030	4.52±0.565	4.60±0.098
Potássio (K) (g/kg)	7.08±0.046	7.63±0.032	15.19±1.33	8.05±0.315	8.47±0.720	7.38±1.404	8.42±0.491
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.33±0.081	9.55±0.040	8.53±0.366	8.63±0.384	7.91±0.289	6.32±0.890	7.72±0.648
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.10±0.046	1.26±0.063	1.25±0.139	1.23±0.069	1.39±0.241	1.56±0.339	1.35±0.521
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.65±0.043	9.89±0.113	11.46±1.03	9.93±0.595	9.92±0.142	9.66±0.967	9.74±1.583
Zinco (Zn) (mg/kg)	35.71±0.39	43.27±1.10	44.30±1.37	43.22±1.13	41.12±0.43	42.43±1.29	41.40±1.72
Ferro (Fe) (mg/kg)	163.23±1.60	167.55±1.09	175.53±1.50	175.80±1.04	175.37±0.74	167.01±1.41	175.41±3.11
Manganês (Mn) (mg/kg)	17.71±1.25	22.70±0.56	22.65±2.25	22.79±1.81	25.41±0.40	19.71±1.66	25.43±1.37
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	3.60±0.130	5.91±0.215	6.63±0.037	7.24±0.097	7.68±0.127	8.48±0.089
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.44±0.007	0.46±0.011	0.53±0.030	0.70±0.017	0.83±0.052	0.82±0.083
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.87±0.023	1.74±0.015	1.63±0.014	1.63±0.003	1.61±0.009	1.56±0.057
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	4.34±0.931	4.37±0.359	4.17±0.434	6.51±0.192	4.91±1.097	4.66±0.075
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1830.47±12.80	1704.63±27.20	1513.65±18.69	1487.36±13.93	1487.36±13.93	1361.05±7.12
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	3.17±0.132	5.45±0.226	6.09±0.049	6.54±0.082	6.85±0.075	7.67±0.145

* Médias ± erro padrão.

10% de umidade de armazenamento

Informação SuplementarS2

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	15°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	64.24±0.24*	69.16±0.28	68.34±0.19	75.47±0.70	63.36±0.15	63.65±0.59	63.35±0.06
Diâmetro dos grãos (mm)	7.04±0.015	6.56±0.047	6.68±0.019	6.45±0.038	6.81±0.012	7.02±0.012	6.97±0.006
Espessura dos Grãos (mm)	2.70±0.014	2.66±0.038	2.66±0.019	2.61±0.031	2.68±0.016	2.68±0.014	2.67±0.004
L*	53.03±1.04	54.40±0.99	53.81±1.58	53.78±0.62	52.65±0.59	53.52±1.28	53.24±1.20
a*	-3.46±0.458	-0.84±0.156	-0.53±0.082	1.39±0.020	5.18±0.422	5.56±0.372	6.78±0.169
b*	22.61±1.04	25.83±0.40	25.63±0.61	26.14±1.02	22.94±0.31	22.78±0.48	22.14±0.35
Ângulo Hue	98.62±1.02	91.86±0.34	91.18±0.20	86.93±0.13	77.32±0.86	76.22±1.16	72.96±0.32
Croma	22.89±1.07	25.84±0.41	25.64±0.60	26.17±1.02	23.53±0.38	23.47±0.39	23.15±0.37
Umidade(%)	12.02±0.02	12.30±0.02	12.39±0.02	11.90±0.07	10.87±0.03	11.75±0.02	11.87±0.03
Lipídio(%)	0.84±0.028	0.63±0.018	0.67±0.022	0.64±0.017	0.61±0.015	0.63±0.015	0.59±0.003
Proteína (%)	26.82±0.86	21.54±0.48	23.23±0.13	21.54±0.25	21.86±0.36	22.79±0.11	22.51±0.14
Cinzas (%)	2.64±0.020	2.73±0.030	2.79±0.009	2.76±0.042	2.85±0.070	2.59±0.003	2.60±0.026
Fibra(%)	4.76±0.046	3.64±0.228	4.06±0.340	4.15±0.202	4.42±0.170	4.17±0.058	4.19±0.120
Carboidrato (%)	52.93±0.88	59.16±0.62	56.86±0.45	59.00±0.17	59.39±0.42	58.07±0.10	58.23±0.10
Valor energético total (kcal)	326.53±0.26	328.49±1.00	326.39±1.57	327.93±0.68	330.48±0.54	329.12±0.12	328.30±0.53
Fósforo (P) (g/kg)	3.75±0.047	3.47±0.032	4.06±0.153	4.34±0.214	4.18±0.459	3.49±0.755	4.26±0.558
Potássio (K) (g/kg)	7.13±0.054	6.35±0.067	14.69±1.63	15.53±0.31	15.51±0.83	6.28±1.450	15.36±1.455
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.28±0.037	7.88±0.073	9.26±1.079	8.87±0.600	7.71±0.202	7.88±1.125	7.53±0.650
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.11±0.027	0.97±0.058	1.15±0.113	1.16±0.075	1.09±0.173	1.06±0.268	2.47±0.756
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.64±0.076	6.63±0.090	6.69±0.563	6.67±0.179	6.73±0.427	8.50±1.100	6.61±0.974
Zinco (Zn) (mg/kg)	35.70±0.44	31.80±0.90	38.73±3.95	43.24±1.23	40.96±3.44	33.61±1.77	41.07±3.16
Ferro (Fe) (mg/kg)	165.08±1.41	125.48±2.36	156.74±2.06	188.41±1.75	184.71±2.01	123.67±8.75	185.55±1.83
Manganês (Mn) (mg/kg)	17.08±0.76	15.53±0.50	20.45±2.05	20.24±0.56	19.84±0.49	14.69±3.00	20.11±1.91
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	3.32±0.098	5.82±0.124	6.54±0.233	7.29±0.054	7.56±0.082	8.46±0.090
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.41±0.017	0.45±0.009	0.54±0.007	0.67±0.039	0.73±0.014	0.70±0.032
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.88±0.014	1.76±0.009	1.74±0.006	1.69±0.006	1.62±0.003	1.62±0.013
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	4.89±0.373	4.00±0.448	3.17±0.367	6.56±0.070	6.91±0.240	5.57±0.162
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1840.55±21.48	1721.14±18.64	1547.37±13.75	1443.70±10.46	1425.69±5.10	1363.74±7.11
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	2.91±0.103	5.36±0.122	6.00±0.230	6.63±0.027	6.83±0.068	7.76±0.092

* Médias ± erro padrão.

12% umidade de armazenamento

Informação Suplementar S3

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	15°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de Armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	65.06±0.07*	72.00±0.60	75.21±1.82	73.30±1.06	64.71±0.50	65.33±0.28	64.95±0.15
Diâmetro dos grãos (mm)	7.07±0.010	6.68±0.051	6.65±0.027	6.41±0.051	6.99±0.023	7.06±0.011	7.00±0.006
Espessura dos Grãos (mm)	2.80±0.011	2.80±0.036	2.73±0.019	2.58±0.024	2.74±0.017	2.78±0.009	2.77±0.004
L*	53.40±2.31	53.04±1.72	54.56±1.17	54.97±0.54	51.38±0.76	54.29±0.55	51.24±0.61
a*	-3.74±0.154	-1.14±0.471	-0.63±0.099	1.57±0.067	6.00±0.216	5.63±0.303	6.89±0.341
b*	23.22±1.15	26.20±0.81	26.94±0.70	25.84±0.73	24.09±0.27	24.60±0.72	23.30±0.45
Ângulo Hue	99.22±0.59	92.51±1.01	91.36±0.22	86.51±0.12	76.01±0.52	77.11±0.48	73.49±0.96
Croma	23.53±1.14	26.24±0.81	26.94±0.70	25.89±0.73	24.83±0.26	25.24±0.75	24.31±0.39
Umidade(%)	14.06±0.04	13.58±0.00	13.73±0.05	13.71±0.00	12.24±0.08	13.01±0.07	13.18±0.00
Lipídio(%)	0.86±0.012	0.67±0.012	0.68±0.046	0.56±0.033	0.56±0.020	0.54±0.020	0.54±0.027
Proteína (%)	27.46±0.33	22.67±0.16	22.83±0.21	19.62±1.36	20.71±0.72	22.32±0.23	22.64±0.21
Cinzas (%)	2.61±0.014	2.67±0.038	2.82±0.027	2.63±0.098	2.85±0.032	2.62±0.014	2.61±0.015
Fibra(%)	4.76±0.046	4.08±0.240	4.19±0.178	4.25±0.436	4.36±0.111	3.89±0.064	4.16±0.102
Carboidrato (%)	50.26±0.26	56.33±0.37	55.75±0.34	59.23±1.36	59.28±0.94	57.62±0.20	56.88±0.17
Valor energético total (kcal)	318.62±0.23	322.01±0.81	320.44±0.89	320.41±1.40	325.00±0.75	324.61±0.52	322.90±0.55
Fósforo (P) (g/kg)	3.65±0.083	3.50±0.102	3.68±0.208	4.38±0.217	4.61±0.622	3.66±0.417	4.78±1.039
Potássio (K) (g/kg)	7.28±0.096	6.26±0.044	7.74±0.165	9.33±0.105	9.65±0.404	6.50±0.476	9.50±1.152
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.26±0.099	8.20±0.075	7.83±0.233	9.42±0.015	9.44±0.803	7.22±1.168	9.33±1.205
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.11±0.049	1.07±0.044	1.03±0.145	1.28±0.063	1.29±0.214	1.18±0.209	1.60±0.376
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.45±0.078	6.67±0.045	6.63±0.303	6.64±0.205	6.93±0.561	5.61±0.514	6.62±0.976
Zinco (Zn) (mg/kg)	36.46±0.41	32.92±1.55	36.48±3.12	42.41±1.74	41.84±1.64	31.44±1.42	38.16±6.42
Ferro (Fe) (mg/kg)	164.84±0.94	138.10±0.73	144.78±3.41	144.39±0.40	143.82±3.54	132.69±1.80	144.15±3.60
Manganês (Mn) (mg/kg)	18.62±0.61	17.38±0.25	17.50±1.41	22.82±1.71	19.12±0.72	17.15±1.70	19.60±2.89
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	3.41±0.132	5.58±0.098	6.35±0.179	7.06±0.012	7.54±0.023	8.37±0.122
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.47±0.011	0.49±0.009	0.63±0.018	0.79±0.047	0.81±0.100	0.82±0.046
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.90±0.066	1.74±0.011	1.74±0.006	1.68±0.007	1.67±0.013	1.63±0.038
DPPH (μMol TE/g)	4.97±0.604	4.73±0.205	3.78±0.097	3.64±0.110	7.24±0.228	6.57±0.195	6.10±0.704
ABTS (μMol TE/g)	1916.75±5.34	1816.77±28.98	1650.93±11.94	1510.69±24.57	1434.58±5.16	1396.87±7.46	1337.28±5.16
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	2.94±0.141	5.09±0.107	5.72±0.183	6.26±0.037	6.73±0.077	7.55±0.117

* Médias ± erro padrão.

14% de umidade de armazenamento

Informação Suplementar S4

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	25°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	64.09±0.17*	67.70±1.14	72.37±1.34	69.81±1.27	64.47±0.28	64.03±0.48	63.63±0.07
Diâmetro dos grãos (mm)	6.73±0.014	6.60±0.041	6.68±0.037	6.61±0.046	6.61±0.013	6.65±0.009	6.69±0.024
Espessura dos Grãos (mm)	2.66±0.008	2.65±0.022	2.68±0.021	2.71±0.022	2.65±0.022	2.60±0.009	2.65±0.002
L*	53.59±3.00	54.17±1.56	53.44±0.85	52.89±1.28	52.15±0.77	53.22±0.84	52.41±0.59
a*	-3.82±0.094	-0.71±0.059	-1.38±0.062	0.84±0.037	6.31±0.348	6.06±0.486	5.83±0.286
b*	24.81±2.07	25.95±0.82	25.51±0.59	25.81±0.91	23.00±0.44	22.95±0.48	21.83±0.40
Ângulo Hue	99.02±0.87	91.58±0.14	93.11±0.15	88.12±0.13	74.68±0.65	75.28±0.90	75.06±0.66
Croma	25.11±2.04	25.96±0.82	25.54±0.59	25.82±0.91	23.86±0.50	23.75±0.58	22.60±0.42
Umidade(%)	10.03±0.08	11.39±0.32	10.94±0.12	10.75±0.32	9.22±0.170	9.72±0.055	10.47±0.20
Lipídio(%)	0.82±0.032	0.64±0.010	0.66±0.014	0.71±0.018	0.63±0.006	0.59±0.058	0.59±0.000
Proteína (%)	26.38±0.25	23.00±0.09	23.18±0.62	21.83±0.11	21.76±0.58	23.44±0.13	22.81±0.09
Cinzas (%)	2.67±0.032	2.82±0.063	2.82±0.027	2.61±0.298	2.85±0.032	2.79±0.026	2.65±0.035
Fibra(%)	4.76±0.046	5.04±0.144	3.75±0.252	3.99±0.216	4.14±0.147	3.88±0.097	4.08±0.098
Carboidrato (%)	55.34±0.17	57.11±0.61	58.66±0.96	60.11±0.70	61.40±0.77	59.57±0.07	59.40±0.39
Valor energético total (kcal)	334.24±0.24	326.20±2.09	333.24±1.48	334.09±2.60	338.31±1.32	337.37±0.51	334.14±1.22
Fósforo (P) (g/kg)	3.67±0.072	4.38±0.070	3.89±0.165	4.36±0.180	4.22±0.104	4.60±0.555	4.39±0.383
Potássio (K) (g/kg)	7.33±0.121	9.16±0.069	8.71±0.269	9.43±0.202	9.45±0.464	9.16±0.905	9.37±0.489
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.24±0.042	9.61±0.092	7.88±0.626	8.62±0.156	8.68±0.399	9.42±0.582	8.59±1.592
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.16±0.037	1.25±0.059	1.04±0.189	1.16±0.116	0.86±0.125	1.10±0.174	0.93±0.146
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.41±0.115	10.02±0.118	6.67±0.234	13.34±0.98	15.19±1.21	10.31±2.37	15.38±1.92
Zinco (Zn) (mg/kg)	35.99±0.14	41.37±0.22	38.53±4.31	39.49±1.44	38.84±2.03	40.24±3.86	39.14±4.79
Ferro (Fe) (mg/kg)	166.68±1.20	150.80±0.51	156.85±2.06	144.51±2.00	145.52±3.17	148.63±0.63	144.65±3.00
Manganês (Mn) (mg/kg)	18.87±0.51	22.27±0.66	17.84±1.80	20.33±0.41	19.84±0.90	23.13±0.16	19.92±3.17
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	3.54±0.205	5.99±0.038	6.67±0.127	7.09±0.026	7.54±0.059	8.34±0.065
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.44±0.010	0.48±0.012	0.65±0.025	0.69±0.032	0.86±0.021	0.75±0.058
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.84±0.063	1.75±0.023	1.74±0.010	1.69±0.019	1.67±0.012	1.68±0.003
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	4.51±0.749	3.91±0.170	2.95±0.179	6.00±0.592	4.64±1.084	4.73±0.190
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1806.40±8.19	1655.24±20.86	1506.68±8.68	1455.82±8.15	1388.67±14.87	1363.80±9.77
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	3.10±0.206	5.51±0.035	6.02±0.101	6.40±0.050	6.68±0.062	7.59±0.081

* Médias ± erro padrão.

10% de umidade de armazenamento

Informação Suplementar S5

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	25°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	64.32±0.07*	68.56±1.00	75.20±2.15	67.33±0.58	67.51±0.67	65.72±0.39	65.22±0.22
Diâmetro dos grãos (mm)	6.73±0.016	6.94±0.043	6.72±0.042	6.62±0.029	6.69±0.016	6.66±0.009	6.72±0.005
Espessura dos Grãos (mm)	2.69±0.007	2.81±0.028	2.60±0.028	2.72±0.016	2.67±0.019	2.63±0.008	2.68±0.024
L*	55.47±1.73	54.81±1.70	53.08±0.92	52.85±0.50	50.66±0.54	51.57±0.80	52.22±0.65
a*	-3.76±0.161	-0.91±0.126	1.21±0.130	1.45±0.037	7.05±0.427	7.46±0.835	7.36±0.391
b*	24.02±0.93	25.96±1.08	26.46±0.36	27.51±0.80	23.17±0.27	23.45±0.22	22.29±0.42
Ângulo Hue	98.93±0.48	91.99±0.21	87.40±0.26	86.97±0.08	73.11±0.84	72.41±1.90	71.72±0.96
Croma	24.32±0.92	25.97±1.08	26.49±0.36	27.55±0.80	24.22±0.36	24.66±0.28	23.49±0.41
Umidade(%)	12.06±0.05	12.30±0.36	12.25±0.00	12.46±0.07	11.67±0.08	12.00±0.10	11.31±0.15
Lipídio(%)	0.88±0.024	0.61±0.007	0.66±0.009	0.67±0.033	0.62±0.012	0.54±0.015	0.59±0.009
Proteína (%)	28.45±0.47	22.76±0.09	21.62±0.27	22.12±0.20	22.11±0.10	21.85±0.17	22.61±0.68
Cinzas (%)	2.64±0.026	2.82±0.035	2.67±0.312	2.88±0.023	2.82±0.030	2.72±0.019	2.68±0.009
Fibra(%)	4.76±0.046	3.73±0.155	4.54±0.081	4.00±0.164	4.10±0.167	4.64±0.169	4.21±0.093
Carboidrato (%)	51.21±0.46	57.79±0.57	58.26±0.56	57.87±0.27	58.67±0.25	58.26±0.38	58.61±0.66
Valor energético total (kcal)	326.52±0.09	327.65±1.86	325.44±1.20	325.99±0.26	328.74±1.03	325.29±1.12	330.16±0.56
Fósforo (P) (g/kg)	3.45±0.069	3.94±0.104	3.42±0.197	4.28±0.104	4.35±0.736	3.86±0.494	4.23±0.546
Potássio (K) (g/kg)	7.22±0.072	9.16±0.514	9.17±0.540	9.99±0.159	10.23±2.18	9.50±0.267	9.30±2.000
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.12±0.033	9.54±0.317	8.62±0.482	9.16±0.352	9.68±0.934	10.12±1.84	9.50±2.833
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.19±0.023	1.17±0.063	1.11±0.121	1.11±0.026	1.09±0.154	1.28±0.214	1.08±0.099
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.43±0.035	6.65±0.387	6.62±0.355	9.98±0.574	8.66±0.944	6.52±0.725	9.13±1.765
Zinco (Zn) (mg/kg)	34.98±0.97	38.53±0.96	39.52±4.88	43.27±4.56	51.89±6.39	33.61±2.32	51.09±2.61
Ferro (Fe) (mg/kg)	165.73±0.44	175.79±4.07	163.24±2.26	144.41±3.02	146.87±11.29	175.39±2.49	144.44±3.18
Manganês (Mn) (mg/kg)	18.39±0.26	20.23±1.93	20.25±1.10	20.24±1.18	23.35±2.27	20.30±1.27	22.24±2.56
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	3.58±0.108	6.09±0.101	6.75±0.159	7.16±0.074	7.59±0.092	8.44±0.066
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.42±0.003	0.48±0.020	0.66±0.033	0.72±0.037	0.78±0.043	0.93±0.055
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.89±0.014	1.76±0.012	1.73±0.013	1.69±0.027	1.70±0.014	1.64±0.023
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	4.85±0.059	4.90±0.610	3.91±0.089	6.13±0.220	6.19±0.626	4.44±0.093
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1890.84±18.82	1635.24±10.22	1497.30±19.70	1493.72±11.59	1397.11±15.05	1334.68±4.47
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	3.15±0.109	5.61±0.082	6.09±0.186	6.45±0.038	6.80±0.136	7.51±0.067

* Médias ± erro padrão.

Informação Suplementar S6

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	25°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	65.43±0.21*	72.92±1.09	72.11±1.31	69.55±0.45	67.51±0.37	66.92±0.53	66.31±0.30
Diâmetro dos grãos (mm)	6.85±0.012	7.02±0.049	6.62±0.039	6.52±0.055	6.83±0.009	6.70±0.007	6.82±0.004
Espessura dos Grãos (mm)	2.74±0.014	2.77±0.029	2.61±0.025	2.64±0.025	2.73±0.013	2.65±0.007	2.71±0.005
L*	54.69±1.23	53.30±1.22	54.78±0.73	54.89±0.34	50.33±1.60	49.58±1.65	48.73±0.64
a*	-3.80±0.162	-1.29±0.039	1.77±0.060	1.76±0.021	7.68±0.476	8.33±0.707	8.25±0.303
b*	24.94±0.97	27.04±0.58	26.04±0.66	26.23±0.47	24.71±0.68	24.59±0.65	24.18±0.56
Ângulo Hue	98.70±0.50	92.73±0.11	86.10±0.19	86.17±0.07	72.76±0.89	71.32±1.42	71.15±0.58
Croma	25.23±0.96	27.07±0.58	26.10±0.66	26.29±0.46	25.89±0.73	25.99±0.71	25.55±0.59
Umidade(%)	14.00±0.06	14.47±0.04	13.62±0.05	14.03±0.13	11.83±0.10	11.62±0.02	12.50±0.10
Lipídio(%)	0.86±0.024	0.67±0.010	0.58±0.024	0.51±0.033	0.62±0.007	0.54±0.017	0.59±0.003
Proteína (%)	28.66±0.40	22.38±0.32	21.25±0.34	22.11±0.15	22.85±0.16	22.30±0.17	22.80±0.30
Cinzas (%)	2.69±0.027	2.77±0.035	2.84±0.015	2.67±0.006	2.82±0.018	2.89±0.029	2.68±0.037
Fibra(%)	4.76±0.046	4.77±0.459	5.08±0.354	4.34±0.168	4.35±0.091	4.76±0.229	4.19±0.121
Carboidrato (%)	49.02±0.40	54.94±0.38	56.63±0.48	56.33±0.39	57.53±0.12	57.90±0.25	57.24±0.14
Valor energético total (kcal)	318.46±0.32	315.30±1.81	316.74±1.38	318.41±1.07	327.12±0.74	325.64±0.88	325.43±0.70
Fósforo (P) (g/kg)	3.64±0.089	3.27±0.121	3.53±0.329	4.94±0.595	3.96±0.673	3.34±0.638	3.69±0.369
Potássio (K) (g/kg)	7.25±0.042	12.91±0.82	6.66±0.141	11.15±0.51	9.57±1.466	13.28±0.67	10.74±1.23
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.15±0.041	7.18±0.225	8.11±0.548	9.44±0.288	9.20±0.505	6.95±1.111	9.17±1.025
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.18±0.040	0.94±0.058	0.99±0.124	1.12±0.029	1.25±0.255	0.83±0.165	1.40±0.431
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.37±0.073	6.65±0.040	9.93±0.243	9.88±0.151	9.94±1.920	6.79±0.668	10.28±1.09
Zinco (Zn) (mg/kg)	34.04±0.75	31.02±1.03	32.85±1.24	46.92±3.23	46.43±2.02	30.40±0.43	47.00±0.28
Ferro (Fe) (mg/kg)	164.97±0.92	125.57±2.24	144.29±2.91	200.89±1.11	155.58±7.60	123.97±3.30	200.94±12.93
Manganês (Mn) (mg/kg)	18.05±0.91	20.23±1.68	15.19±1.84	25.28±1.34	24.87±3.68	21.45±2.87	25.16±3.00
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	3.55±0.049	5.58±0.040	6.88±0.057	7.02±0.095	7.39±0.075	8.46±0.052
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.45±0.018	0.49±0.029	0.69±0.072	0.90±0.042	0.83±0.034	0.81±0.113
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.80±0.012	1.74±0.021	1.64±0.003	1.66±0.018	1.59±0.015	1.64±0.030
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	4.87±0.236	3.86±0.069	4.18±0.560	6.55±0.291	6.26±0.048	4.93±0.107
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1792.33±8.06	1624.35±25.43	1487.28±11.62	1452.82±10.60	1385.78±12.17	1332.26±11.18
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	3.09±0.049	5.09±0.059	6.19±0.073	6.13±0.103	6.56±0.095	7.65±0.142

* Médias ± erro padrão.

14% de umidade de armazenamento

Informação Suplementar S7

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	35°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	63.11±0.13*	66.30±0.76	69.12±0.72	68.29±0.89	65.18±0.18	64.34±0.33	63.98±0.12
Diâmetro dos grãos (mm)	6.96±0.009	6.31±0.061	6.80±0.029	6.43±0.042	6.94±0.016	6.74±0.007	6.92±0.007
Espessura dos Grãos (mm)	2.65±0.003	2.66±0.051	2.72±0.023	2.64±0.028	2.63±0.009	2.54±0.007	2.62±0.003
L*	53.56±1.16	54.86±1.51	54.61±0.62	54.76±0.21	49.23±1.01	47.14±0.75	47.53±0.71
a*	-3.89±0.113	-1.39±0.163	1.41±0.053	1.47±0.037	7.21±0.368	8.09±0.63	8.92±0.392
b*	23.23±1.20	25.70±0.74	25.83±0.36	25.92±0.61	21.40±0.07	20.99±0.31	20.98±0.34
Ângulo Hue	99.63±0.70	93.09±0.31	86.87±0.11	86.73±0.14	71.38±0.94	69.00±1.46	66.98±0.91
Croma	23.56±1.17	25.74±0.75	25.87±0.36	25.96±0.61	22.59±0.06	22.52±0.41	22.81±0.37
Umidade(%)	10.06±0.13	10.67±0.04	10.01±0.07	9.51±0.365	8.97±0.050	10.15±0.06	8.33±0.067
Lipídio(%)	0.87±0.037	0.69±0.009	0.66±0.026	0.57±0.023	0.60±0.007	0.57±0.014	0.59±0.003
Proteína (%)	29.17±0.26	23.17±0.10	21.19±0.07	22.99±0.14	23.45±0.22	22.32±0.18	23.64±0.27
Cinzas (%)	2.65±0.006	2.78±0.026	2.87±0.037	2.86±0.017	2.79±0.029	2.78±0.007	2.68±0.007
Fibra(%)	4.76±0.046	4.23±0.144	4.67±0.497	3.90±0.089	4.14±0.063	4.81±0.229	3.94±0.055
Carboidrato (%)	52.49±0.09	58.45±0.19	60.61±0.38	60.17±0.35	60.04±0.24	59.37±0.49	60.82±0.37
Valor energético total (kcal)	334.47±0.45	332.72±0.39	333.16±1.75	337.76±1.62	339.39±0.02	331.87±1.11	343.15±0.48
Fósforo (P) (g/kg)	3.56±0.054	3.78±0.110	4.36±0.393	5.26±0.284	5.66±1.222	3.35±0.692	5.45±1.106
Potássio (K) (g/kg)	7.46±0.055	12.49±0.52	5.81±0.598	10.43±0.38	10.58±1.99	13.29±1.99	11.12±1.29
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.11±0.011	8.20±0.127	8.32±0.439	8.11±0.439	8.67±1.522	7.75±1.285	8.90±0.762
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.19±0.028	1.05±0.156	1.24±0.098	1.34±0.162	1.35±0.446	0.95±0.113	1.06±0.101
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.33±0.023	6.65±0.196	6.63±0.222	9.94±0.254	9.81±2.136	6.45±0.743	9.78±1.897
Zinco (Zn) (mg/kg)	34.49±0.66	36.65±0.52	40.45±1.82	42.31±1.40	46.60±1.89	35.45±2.36	44.63±3.28
Ferro (Fe) (mg/kg)	165.25±0.44	138.12±1.43	150.60±1.13	169.49±2.25	160.61±4.69	139.62±1.99	167.15±6.11
Manganês (Mn) (mg/kg)	17.39±0.99	15.18±0.92	22.72±1.68	22.78±1.64	22.66±0.89	14.85±1.51	22.47±1.85
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	5.13±0.411	6.36±0.177	7.05±0.104	7.32±0.030	7.76±0.009	9.03±0.127
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.43±0.022	0.47±0.006	0.74±0.024	0.78±0.075	0.86±0.067	0.88±0.075
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.70±0.026	1.69±0.015	1.62±0.003	1.60±0.021	1.58±0.029	1.66±0.021
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	5.12±0.089	3.94±0.050	4.23±0.255	5.91±0.085	4.88±0.140	4.57±0.141
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1765.03±15.64	1679.25±17.87	1458.82±3.08	1411.15±7.66	1371.87±7.20	1321.93±6.72
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	4.70±0.422	5.89±0.173	6.31±0.119	6.54±0.096	6.90±0.067	8.16±0.082

* Médias ± erro padrão.

Informação Suplementar S8

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	35°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	63.54±0.07*	72.35±1.09	69.47±0.44	67.67±0.30	65.79±0.61	65.12±0.11	64.27±0.07
Diâmetro dos grãos (mm)	6.91±0.009	6.48±0.027	6.55±0.056	6.50±0.051	6.88±0.008	6.77±0.005	6.88±0.003
Espessura dos Grãos (mm)	2.55±0.010	2.71±0.018	2.58±0.025	2.54±0.021	2.54±0.011	2.49±0.005	2.52±0.003
L*	57.24±1.14	52.83±1.88	53.70±0.59	53.97±0.78	48.11±0.38	47.34±1.12	48.50±0.96
a*	-3.67±0.060	-1.68±0.101	1.53±0.053	1.61±0.023	9.22±0.326	8.65±0.474	10.31±0.42
b*	24.92±1.07	25.72±0.65	26.32±0.51	26.47±0.74	22.09±0.42	21.60±0.38	21.59±0.28
Ângulo Hue	98.44±0.39	93.74±0.24	86.66±0.11	86.50±0.09	67.34±0.68	68.20±1.10	64.50±0.86
Croma	25.19±1.06	25.77±0.65	26.36±0.51	26.52±0.74	23.94±0.44	23.28±0.42	23.93±0.35
Umidade(%)	12.04±0.03	12.01±0.06	11.46±0.00	11.09±0.29	10.05±0.01	11.55±0.21	9.71±0.047
Lipídio(%)	0.86±0.042	0.64±0.006	0.70±0.089	0.55±0.040	0.62±0.003	0.58±0.007	0.58±0.000
Proteína (%)	28.10±0.44	22.22±0.52	21.62±0.32	22.58±0.32	22.63±0.09	21.98±0.86	23.64±0.20
Cinzas (%)	2.64±0.032	2.77±0.044	2.86±0.034	2.77±0.023	2.75±0.089	2.67±0.048	2.68±0.009
Fibra(%)	4.76±0.046	4.62±0.380	5.30±0.269	5.16±0.240	4.54±0.188	5.18±0.194	5.07±0.062
Carboidrato (%)	51.60±0.39	57.73±0.82	58.07±0.18	57.85±0.57	59.42±0.19	58.03±0.89	58.32±0.17
Valor energético total (kcal)	326.56±0.37	325.59±1.86	325.05±0.83	326.65±1.75	333.72±1.05	325.32±0.17	333.07±0.13
Fósforo (P) (g/kg)	3.68±0.032	3.73±0.139	4.13±0.225	4.27±0.122	4.48±0.702	3.57±0.517	4.48±0.626
Potássio (K) (g/kg)	7.30±0.140	13.67±0.59	7.51±0.295	9.05±0.188	9.21±1.083	13.84±2.89	9.31±1.609
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.16±0.026	7.82±0.638	7.09±0.127	8.11±0.147	8.63±0.600	7.16±0.648	8.31±0.973
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.13±0.014	0.94±0.132	1.09±0.093	1.07±0.064	0.88±0.154	0.71±0.090	0.93±0.189
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.32±0.075	6.58±0.388	6.64±0.242	6.64±0.141	6.47±1.198	6.45±0.357	6.94±1.453
Zinco (Zn) (mg/kg)	35.25±0.45	33.58±1.26	37.57±3.78	43.25±1.66	41.12±4.87	31.53±4.16	40.08±1.42
Ferro (Fe) (mg/kg)	165.44±0.78	149.14±4.91	156.95±1.07	194.73±1.78	159.62±2.56	149.50±6.63	194.23±1.55
Manganês (Mn) (mg/kg)	16.91±0.27	15.20±1.08	17.64±0.45	17.77±1.64	21.25±4.77	13.62±2.23	20.96±1.30
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	5.02±0.070	6.36±0.183	7.10±0.029	7.17±0.021	7.86±0.115	9.06±0.092
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.43±0.006	0.44±0.040	0.69±0.027	0.82±0.124	0.83±0.018	0.91±0.042
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.73±0.012	1.62±0.013	1.60±0.012	1.65±0.006	1.63±0.027	1.59±0.030
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	5.10±0.107	4.47±0.258	3.71±0.055	5.54±0.538	4.96±0.235	4.73±0.041
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1760.61±17.79	1635.13±3.86	1471.53±14.50	1385.78±12.17	1402.55±7.56	1324.59±11.05
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	4.59±0.074	5.92±0.197	6.41±0.035	6.35±0.115	7.03±0.113	8.15±0.119

* Médias ± erro padrão.

12% de umidade de armazenamento

Informação Suplementar S9

Variáveis dependentes avaliadas nos grãos de lentilha verde de acordo com diferentes condições de armazenamento.

Variáveis dependentes	35°C de temperatura de armazenamento						
	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	60	120	180	240	300	360
Peso de 1000 grãos (g)	64.29±0.13*	71.69±0.53	73.46±1.69	68.86±0.15	63.41±0.22	62.99±0.08	61.83±0.23
Diâmetro dos grãos (mm)	6.92±0.011	6.80±0.047	6.52±0.045	6.60±0.024	6.91±0.015	6.84±0.004	6.90±0.004
Espessura dos Grãos (mm)	2.77±0.009	2.83±0.030	2.59±0.024	2.71±0.023	2.73±0.009	2.74±0.003	2.76±0.002
L*	53.29±1.06	52.50±0.91	54.86±0.49	55.03±1.02	45.70±1.10	45.82±1.26	41.73±0.41
a*	-1.51±0.386	-1.67±0.054	1.87±0.050	1.87±0.038	9.69±0.649	11.38±0.56	12.04±0.54
b*	24.87±0.13	27.22±0.69	25.97±0.71	26.07±0.59	22.75±0.64	23.10±0.68	15.86±0.28
Ângulo Hue	93.46±0.87	93.53±0.19	85.87±0.20	85.88±0.13	66.95±1.41	63.73±1.50	52.86±1.18
Croma	24.93±0.15	27.27±0.69	26.04±0.70	26.13±0.59	24.76±0.68	25.78±0.58	19.93±0.45
Umidade(%)	14.03±0.02	13.63±0.09	13.35±0.02	13.61±0.25	12.39±0.04	10.75±0.03	11.09±0.48
Lipídio(%)	0.83±0.021	0.63±0.012	0.60±0.018	0.55±0.045	0.62±0.006	0.51±0.051	0.58±0.000
Proteína (%)	28.82±0.13	22.60±0.16	22.31±0.35	21.51±0.18	22.63±0.06	22.34±0.10	23.12±0.20
Cinzas (%)	2.64±0.078	2.87±0.035	2.88±0.017	2.80±0.046	2.66±0.043	2.68±0.032	2.65±0.010
Fibra(%)	4.76±0.046	4.66±0.176	4.36±0.431	4.44±0.236	4.22±0.101	4.14±0.119	4.32±0.121
Carboidrato (%)	48.91±0.12	55.61±0.26	56.49±0.44	57.09±0.21	57.49±0.07	59.59±0.20	58.25±0.37
Valor energético total (kcal)	318.42±0.43	318.51±0.94	320.64±1.76	319.32±1.17	326.03±0.43	332.28±0.64	330.69±1.87
Fósforo (P) (g/kg)	3.52±0.018	3.74±0.606	4.45±0.254	4.64±0.099	4.70±0.396	3.33±0.582	4.58±0.636
Potássio (K) (g/kg)	7.29±0.092	12.23±0.49	8.06±0.286	10.02±0.37	9.83±1.123	12.48±1.87	9.73±0.901
Cálcio (Ca) (g/kg)	9.13±0.026	8.11±0.621	8.53±0.442	8.28±0.369	8.88±0.688	7.71±0.642	8.60±1.074
Magnésio (Mg) (g/kg)	1.11±0.014	1.08±0.058	1.17±0.101	1.29±0.168	1.38±0.325	1.55±0.084	1.31±0.149
Cobre (Cu) (mg/kg)	6.40±0.050	6.69±0.650	6.62±0.225	9.97±0.225	10.33±1.70	6.51±1.315	10.19±1.88
Zinco (Zn) (mg/kg)	34.75±0.50	38.67±2.34	39.51±2.01	41.34±0.66	41.52±200	37.39±0.55	40.40±1.43
Ferro (Fe) (mg/kg)	165.56±0.81	125.85±3.98	156.89±3.21	169.60±2.05	169.62±2.07	124.03±9.30	169.04±1.43
Manganês (Mn) (mg/kg)	17.25±0.22	20.17±2.54	20.20±1.72	20.20±1.66	23.35±0.90	22.04±3.59	23.62±0.98
Fenóis totais (mg/g)	4.15±0.154	4.88±0.091	6.62±0.219	7.15±0.084	7.40±0.059	8.15±0.159	9.27±0.097
Fenóis simples (mg/g)	0.39±0.047	0.45±0.020	0.47±0.033	0.82±0.139	0.76±0.007	0.82±0.067	0.94±0.020
Antocianinas totais (mg/100g)	2.01±0.043	1.74±0.009	1.65±0.017	1.54±0.015	1.63±0.038	1.61±0.039	1.63±0.011
DPPH (µMol TE/g)	4.97±0.604	4.73±0.101	3.87±0.199	3.38±0.160	6.26±0.250	4.81±0.324	4.11±0.047
ABTS (µMol TE/g)	1916.75±5.34	1774.13±16.56	1608.55±9.96	1484.00±8.47	1468.21±8.24	1369.15±7.21	1307.02±10.82
Taninos (mg/g)	3.75±0.150	4.43±0.097	6.15±0.251	6.32±0.176	6.64±0.061	7.34±0.164	8.33±0.096

* Médias ± erro padrão.

14% de umidade de armazenamento