



PIÊTRA CAMPOS E SOUSA

**POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE PÃO
ENRIQUECIDO COM POLPA DE PEQUI (*Caryocar
brasiliense* Camb.) DURANTE O ARMAZENAMENTO**

LAVRAS – MG

2019

PIÊTRA CAMPOS E SOUSA

**POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE PÃO ENRIQUECIDO
COM POLPA DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Departamento de Nutrição.

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Coorientadora

Dra. Carolina Valeriano de Carvalho

LAVRAS – MG

2019

PIÊTRA CAMPOS E SOUSA

**POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE PÃO ENRIQUECIDO
COM POLPA DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Departamento de Nutrição.

Aprovado em 18 de junho de 2019.

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas UFLA

Dra. Carolina Valeriano de Carvalho UFLA

Ms. Mariana Crivelari da Cunha UFLA

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Nossa Senhora, que me deram forças para enfrentar todas as batalhas do dia a dia. Aos meus pais Nívia e Peter, que me ofereceram total apoio e incentivo, sem medir esforços para que eu tivesse essa oportunidade. Às minhas irmãs Núbia, Nádia e Naiara, que sempre estão ao meu lado, sendo companheiras e cúmplices. Às minhas sobrinhas, Maria Alice e Ágatha, que a cada dia me fazem repensar o verdadeiro significado de amor. Ao meu namorado, César, que está sempre me ouvindo e incentivado. Ao meu cunhado, Rucyan, que me ajudou com diversas ideias e sanou muitas dúvidas. À doutoranda Mariana, pelo carinho, zelo e paciência, sendo uma pessoa indispensável para que eu pudesse conduzir esse experimento. Às amigas de graduação Mariela, Patrícia e Stephani, por tudo que fizeram por mim durante a graduação, pelo carinho, amizade e amor, serei eternamente grata. À coorientadora Carol, por tanta compreensão e carinho. Ao professor Eduardo, pela orientação e ensinamentos. A todos do Departamento de Ciências dos Alimentos, que auxiliaram e contribuíram muito para o meu aprendizado.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

ARTIGO 1

Figura 1	Fluxograma da elaboração da massa dos pães.....	13
Figura 2	Umidade, gordura, proteína e valor calórico dos pães enriquecidos com 35% de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.....	19
Figura 3	Valores de Vitamina C, β -caroteno e atividade antioxidante dos pães enriquecidos com 35% de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.....	21
Figura 4	Textura dos pães enriquecidos com 35 % de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.....	23
Figura 5	Valores de L^* e $^{\circ}h$ da casca e de C^* do miolo dos pães enriquecidos com 35% de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.....	24

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
Deliniamento experimental.....	12
Obtenção da matéria prima.....	12
Processamento de pães.....	13
Análises.....	14
Perfil de textura e coloração.....	14
Composição centesimal e valor energético.....	14
Vitamina C, β-caroteno, fenólicos totais e atividade antioxidante.....	15
Estatísticas.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
CONCLUSÃO.....	25
AGRADECIMENTOS.....	26
REFERÊNCIAS.....	26

PRIMEIRA PARTE – ARTIGO**ARTIGO 1****POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE PÃO ENRIQUECIDO
COM POLPA DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

Normas da Revista Ciência e Agrotecnologia – ISSN: 1413-7054

Piêtra Campos e Sousa¹, Naiara Campos e Sousa², Laila Hostalácio Terra³,
Mariana Crivelari da Cunha³, Carolina Valeriano de Carvalho¹, Joelma Pereira³,
Eduardo Valério de Barros Vilas Boas³.

¹ Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

³ Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

RESUMO

O Cerrado brasileiro possui uma vasta biodiversidade, destacando-se as espécies frutíferas, cujos frutos podem ser utilizados como alternativa para o enriquecimento de produtos alimentícios. Em meio a esses frutos, o pequi ganha destaque. Por apresentar um sabor marcante e característico, constituindo-se em um alimento rico em componentes nutricionais e funcionais, ele apresenta um grande potencial para o desenvolvimento e elaboração de pães enriquecidos. Os objetivos deste trabalho foram estudar o efeito da substituição parcial da água pela polpa de pequi sobre a qualidade de pães doces e do tempo de armazenamento sobre a qualidade dos pães doces enriquecidos. Para tanto, foram montados dois experimentos, o primeiro comparando-se o pão enriquecido, pela substituição de 35% de água por polpa de pequi, com o controle e o segundo avaliando-se o pão enriquecido durante cinco dias de armazenamento, com quatro repetições, compostas por três pães de 32g cada. A qualidade dos pães foi avaliada com base em análises de composição centesimal, fenólicos totais, vitamina C, β -caroteno, atividade antioxidante, perfil de textura e coloração e os resultados submetidos a teste de médias e análise de regressão, quando pertinente. Ao comparar-se o pão controle com o pão enriquecido, observaram-se mudanças significativas como aumento de umidade, extrato etéreo, proteína, cinzas, valor calórico vitamina C, β -caroteno, atividade antioxidante, dureza, mastigabilidade, coesividade e dos valores L^* e C^* para coloração do miolo. Os pães enriquecidos apresentaram aumento nos teores de umidade e diminuição de proteína, extrato etéreo e valor calórico, ao longo do armazenamento. Já os teores de vitamina C, e β -caroteno e a atividade antioxidante diminuíram ao longo do armazenamento. Observaram-se, ainda, aumento da dureza e mastigabilidade e decréscimo de coesividade e resiliência ao longo do armazenamento dos pães enriquecidos. O armazenamento promoveu pães enriquecidos com casca mais clara e miolo com coloração menos intensa. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a substituição de 35% de água por polpa de pequi, na formulação dos pães, foi efetiva no seu enriquecimento nutricional e funcional não sendo recomendado armazenar os pães por período superior a dois dias.

Palavras-chaves: Tecnologia da panificação. Desenvolvimento de novos produtos. Agregação de valores. Estocagem.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado has a vast biodiversity, especially the fruit species, whose fruits can be used as an alternative for the enrichment of food products. In the midst of these fruits, pequi is highlighted. Because it has a remarkable and characteristic flavor, of a food rich in rich in nutritional and functional components, it presents great potential for the development and elaboration of enriched breads. The objectives of this work were to study the effect of the partial replacement of water by pequi pulp about on the quality of sweet breads and the storage time on the quality of the enriched sweet breads. For this, two experiments were set up, the first one comparing enriched bread by replacing 35% of water with pequi pulp with the control and the second one evaluating the enriched bread during five days of storage with four replications, composed of three loaves of 32g each. The quality of the loaves was evaluated based on analysis of texture, coloration, centesimal composition, total phenolics, vitamin C, β -carotene and antioxidant activity and the results submitted to means test and regression analysis, when pertinent. When comparing common bread with enriched bread, it was possible to observe significant changes such as increase in the parameters of hardness, chewing and cohesiveness, L^* and C^* values for kernel color, moisture, ethereal extract, protein, ash and caloric value, vitamin C, β -carotene and higher antioxidant activity. The texture of the loaves presented an increase in firmness and chewiness and a decrease in cohesiveness and resilience over time. The bark expressed a lighter coloration in the course of the storage, without loss of color intensity. Already in the core, it was observed that the color intensity decreased according to the storage time. As for the centesimal composition, an increase in moisture contents and decrease of protein, ethereal extract and caloric value were observed throughout the storage. Already the contents of vitamin C, and β -carotene and the antioxidant activity decreased throughout the storage. Based on the results obtained, it was concluded that the substitution of 35% of water by pequi pulp in the loaf formulation was effective in its nutritional and functional enrichment and that it is not recommended to store the loaves for a period exceeding two days.

Keywords: Baking technology. Development of new products. Aggregation of values. Stocking.

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro apresenta uma grande diversificação em fauna e flora de suas diferentes fisionomias vegetais, com uma grande riqueza de recursos biológicos representada por frutíferas nativas. Em meio a esses frutos, o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) se destaca como um dos frutos típicos e característicos do Cerrado brasileiro, sendo também considerado um dos frutos com maior valor econômico, fonte de renda e alimento para populações que vivem no Cerrado (MENDONÇA et al., 2017; GONÇALVES et al., 2010; SOUZA et al., 2007; RODRIGUES et al., 2015; VILAS BOAS et al., 2013; RODRIGUES et al., 2009).

O pequi é um fruto globoso, tipo drupa, formado pelo exocarpo (casca externa) de coloração esverdeada, o mesocarpo externo, de coloração esbranquiçada, que cobre de um a quatro pirênios, conhecidos como caroços. Os pirênios são constituídos pelo mesocarpo interno e endocarpo espinhoso, de coloração amarelo-alaranjada, que envolvem a semente. O mesocarpo interno é a porção mais comumente utilizada como alimento, rica em óleos, β -caroteno, vitamina C e fibras alimentares (VILAS BOAS, 2012; GONÇALVES et al., 2010; DAMIANI et al, 2008; VILAS BOAS, 2004; RODRIGUES et al., 2009; RIBEIRO et al., 2012).

O pão é um dos alimentos mais difundidos no mundo e umas das principais fontes calóricas da humanidade. De acordo com pesquisa de mercado conduzida pela IndexBox (IndexBox, 2015; 2017), o Brasil se destacou em sexta posição, entre os mercados líderes de consumo de pão em 2015, atrás apenas de Estados Unidos, Rússia, Alemanha, Reino Unido e Egito. Enquanto o consumo de pães nos Estados Unidos em 2015 foi de 13,1 milhões de toneladas, no Brasil foi de 3,6 milhões de toneladas, correspondendo a um consumo per capita de 17,5 kg/ano, semelhante à média mundial de 18 kg/ano, mas bem inferior ao 46

kg/ano observados nos Estados Unidos e do 96kg/ano observados no Reino Unido, líder mundial em consumo per capita de pão. Entretanto, em 2016, o Brasil já havia sido superado pela China e Itália entre os países maiores consumidores de pão. De acordo com SEBRAE (2017), o consumo per capita de pão do brasileiro é de 22,61 kg/ano, superior ao relatado pela IndexBox (IndexBox, 2015; 2017). Segundo o relatório *World: Bread and Bakery* (2018), o mercado global de pão e produtos de panificação apresentou um modesto crescimento, aumentando de 122.000 toneladas em 2007 para 129.000 toneladas em 2016.

O cenário alimentar atual demonstra um elevado consumo de alimentos de alta densidade energética e um baixo consumo de fibras alimentares. Portanto, o padrão de alimentação adotado pode ser prejudicial e levar a predisposição ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como as doenças cardiovasculares, doenças respiratórias crônicas, diabetes mellitus, obesidade e neoplasias (FREIRE et al., 2018; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019). Logo, a população busca por um consumo alimentar consciente, optando por versões mais saudáveis de alimentos que são comumente consumidos.

Uma maneira tradicional de melhorar aspectos nutricionais e funcionais de produtos de panificação é enriquecê-los por meio da substituição parcial de alguns ingredientes, destacando a substituição da água por polpas de frutas.

Embora o pequi seja um fruto desconhecido no mercado internacional e pouco difundido no Brasil, seu apelo sensorial, nutricional e funcional o apontam como potencial alternativa no enriquecimento de pães, passível de ser explorado nos mais diversos mercados globais. Entretanto o possível impacto do enriquecimento de pães pela polpa de pequi deve ser monitorado ao longo do armazenamento, visto que o valor nutricional e funcional agregado pode ser alterado em função das condições de armazenamento.

Em vista do exposto, o presente trabalho objetivou o enriquecimento nutricional e funcional de pães, pela substituição parcial de água por polpa de pequi e a avaliação da qualidade dos pães enriquecidos ao longo do tempo de armazenamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Delineamento experimental

Dois experimentos foram montados, o primeiro comparando-se o pão enriquecido, pela substituição de 35% de água por polpa de pequi, com o controle, obtido a partir de formulação de pão doce tradicional e o segundo avaliando-se diariamente o pão enriquecido, ao longo de cinco dias de armazenamento, com quatro repetições, sendo que, cada repetição foi composta por três pães de 32g cada. A porcentagem de substituição de água por polpa de pequi foi definida com base em análises preliminares.

Obtenção da matéria-prima

O pequi foi coletado e adquirido na região de Carrancas – Minas Gerais e transportado para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras, Lavras – Minas Gerais.

Os frutos foram selecionados e submetidos à pré-lavagem em água corrente, para a retirada de sujidades. Em seguida, foram sanitizados em solução contendo hipoclorito de sódio a 100 ppm, por 15 minutos, seguindo para a etapa de despolpamento. Os frutos foram cortados com faca e os pirênios destacados e submetidos ao processo de branqueamento, sendo expostos ao vapor por 12 minutos, seguido de choque térmico em banho de gelo até o completo resfriamento. O mesocarpo interno dos pirênios foi ralado em ralador doméstico e a polpa obtida foi processada até atingir consistência homogênea, sendo acondicionada a vácuo e armazenada em freezer -18°C, até o dia da elaboração

dos pães. Os demais ingredientes utilizados na elaboração dos pães foram adquiridos no comércio local.

Processamento de pães

O fluxograma da elaboração da massa dos pães doces é apresentado na Figura 1. Os pães controle foram elaborados a partir da seguinte formulação básica: farinha de trigo (200 g), água (90 g), leite em pó (12 g), açúcar cristal (30 g), fermento biológico (5 g), ovos (30 g), óleo de soja (10 g) e sal (4 g). Já os pães enriquecidos com a polpa de pequi foram elaborados a partir dessa mesma formulação, exceto a substituição de 35 % da água, por polpa de pequi.

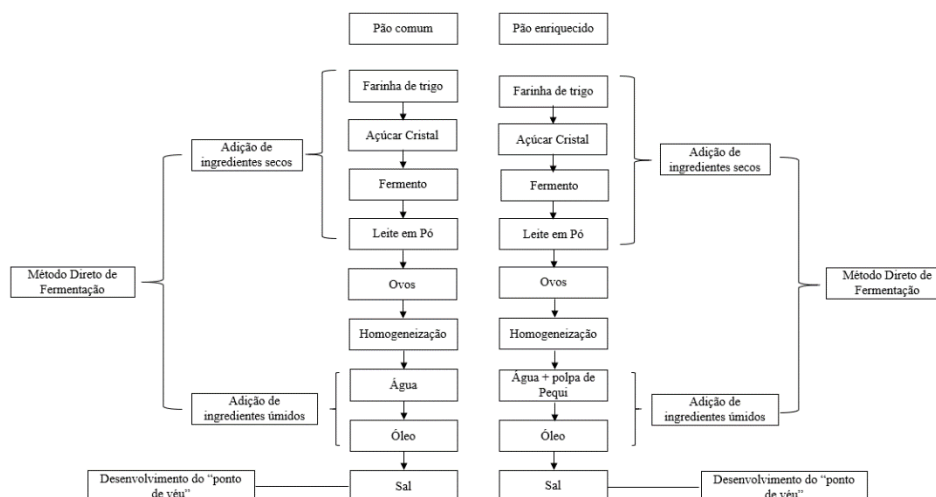


Figura 1 - Fluxograma da elaboração da massa dos pães.

A massa foi misturada em batedeira (planetária Walita®) na velocidade máxima por 5 minutos. Em seguida, a massa foi pesada, dividida, boleada, modelada e levada à câmara de fermentação (30 °C ± 90 % UR) por 90 minutos. Logo após, as massas fermentadas foram levadas ao forno elétrico semi-industrial pré-aquecido, a 150°C, por 20 minutos. Após duas horas de

resfriamento à temperatura ambiente, os pães foram embalados em sacos de polietileno e armazenados por 5 dias e realizadas as análises físicas e químicas.

Análises

Perfil de textura e coloração

As análises de perfil de textura (TPA) foram realizadas diretamente nas amostras utilizando o analisador de textura (modelo TA – XT2i, Stable Micro Systems, Reino Unido) com probe cilíndrica de 36 mm. As medições foram realizadas sob as seguintes condições: velocidade de pré e pós-teste de 5 mm/s; velocidade de teste de 2 mm/s; distância de compressão de 5,0 mm; intervalo entre os ciclos de 10 s. Para a realização do teste foram colocadas duas fatias de pão sobrepostas, de 1 cm cada. A partir da curva de TPA, as variáveis analisadas foram: dureza, mastigabilidade, elasticidade, coesividade e resiliência.

A coloração foi avaliada a partir das determinações das variáveis L^* , Croma (C^*) e $^{\circ}$ hue, utilizando-se o colorímetro Minolta CR-400, iluminante D65.

Composição centesimal e valor energético

A composição centesimal (umidade, extrato etéreo, proteína bruta - fator de conversão de nitrogênio de 6,25, cinzas, fibra bruta e extrato não nitrogenado) foi determinada de acordo com AOAC (2012). O valor energético total foi calculado utilizando os valores de conversão de Atwater, descrito por Wilson, Santos e Vieira (1982). Os resultados foram expressos em porcentagem de matéria integral (g/100g) e quilocalorias (kcal/100g), respectivamente.

Vitamina C, β -caroteno, fenólicos totais e atividade antioxidante

A vitamina C foi extraída com ácido oxálico 0,5% e Kiesselgur e determinada pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecher & Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de amostra.

Os carotenoides totais foram extraídos com acetona e éter de petróleo e quantificados espectrofotometricamente, seguindo a metodologia descrita por Rodrigues-Amaya (2001). Os resultados foram expressos em μg de betacaroteno 100g^{-1} de amostra.

Os extratos para compostos fenólicos totais e atividade antioxidante foram obtidos de acordo com a metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), adaptada por Rufino et al. (2007) e Rufino et al. (2006). Para isso, foram utilizados 2,5g de cada amostra, às quais foram adicionados 20 mL de álcool metílico 50% (v/v), homogeneizado e colocado em banho ultrassônico por 1 hora à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após esse período, a mistura foi centrifugada a 8832g durante 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para um balão de 50 mL e adicionado ao resíduo 20 mL de acetona 70% (v/v), homogeneizado e deixado em banho ultrassônico por 1 hora à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Em seguida, novamente centrifugado a 8832g, durante 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e transferido para balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante. Os extratos obtidos foram utilizados para a determinação da atividade antioxidante e de fenólicos totais.

O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteau, segundo Waterhouse (2002) e os resultados foram apresentados em mg de equivalente ácido gálico (EAG) 100g^{-1} de amostra.

A determinação da atividade antioxidante foi realizada por dois métodos. Os métodos para a determinação da atividade antioxidante foram: i) Método ABTS^{*+}, seguindo a metodologia de Brand-Williams, Cuvelier e Berset

(1995), adaptada por Rufino et al. (2007), sendo os resultados apresentados em μmol de trolox g^{-1} de amostra; ii) Método do β -caroteno/ácido linoleico, seguindo a metodologia de Rufino et al. (2006) e Duarte et al. (2006), sendo os resultados apresentados em percentagem de inibição da oxidação e/ou percentagem de proteção da amostra.

Estatísticas

Pães enriquecidos foram comparados estatisticamente com pães controle com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade. A avaliação estatística do efeito do tempo de armazenamento dos pães enriquecidos foi realizada a partir de análise de variância e teste de regressão polinomial, considerando-se a significância do teste F e coeficiente de determinação, utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A substituição de 35% de água por polpa de pequi na formulação dos pães doces promoveu aumento de umidade, extrato etéreo, proteínas, cinzas, valor calórico, vitamina C, β -caroteno, atividade antioxidante medida pelo método do β -caroteno/ácido linoleico, dureza, mastigabilidade, coesividade, L^* e C^* do miolo, embora não tenha determinado mudanças significativas nas variáveis elasticidade, resiliência, L^* , C^* e $^{\circ}\text{h}$ da casca, $^{\circ}\text{h}$ do miolo, fibra bruta, ENN, fenólicos totais e atividade antioxidante determinada pelo método ABTS do produto final (Tabela 1, $p < 0,05$).

Assim, comprovou-se que a substituição parcial de água por polpa de pequi promoveu enriquecimento nutricional e funcional aos pães doces. Gonçalves et al. (2010) reportam que o pequi é um fruto que manifesta cor

marcante e intensa, possui alto valor calórico, sendo rico em lipídeos, proteínas e com teores elevados de carotenoides e vitaminas C e A, na forma de β -caroteno, justificando assim o aumento desses compostos no pão enriquecido com polpa de pequi.

Tabela 1 - Valores médios da composição centesimal (umidade, extrato etéreo, proteína, cinzas, ENN e valor calórico), fibra bruta, vitamina C, fenólicos totais, β -caroteno e atividade antioxidante (ABTS e β -caroteno/ácido linoleico), textura (dureza, elasticidade, mastigabilidade, resiliência e coesividade), coloração da casca e do miolo (L^* , C^* e $^{\circ}hue$).

	Pão Comum	Pão enriquecido
Umidade (%)	24,09 ^b	26,27 ^a
Extrato Etéreo (100 g⁻¹)	3,96 ^b	6,23 ^a
Proteína (100 g⁻¹)	9,6 ^b	10,39 ^a
Cinzas (100 g⁻¹)	1,7 ^b	1,8 ^a
ENN (100 g⁻¹)	57,11 ^a	58,14 ^a
Valor calórico (kcal 100g⁻¹)	306,62 ^b	326,04 ^a
Fibra Bruta (100 g⁻¹)	0,26 ^a	0,48 ^a
Vitamina C (100 g⁻¹)	0,00 ^b	10,68 ^a
Fenólicos Totais (100 g⁻¹)	99,98 ^a	117,26 ^a
β-Caroteno (100 g⁻¹)	9,68 ^b	17,95 ^a
Atividade Antioxidante ABTS ($\mu\text{mol/trolox g}^{-1}$)	3,3 ^a	4,5 ^a
Atividade Antioxidante β-caroteno/ácido linoleico (% proteção)	7,82 ^b	23,74 ^a
Dureza (g.f.)	760,70 ^b	1488,37 ^a
Elasticidade	1,004 ^a	1,005 ^a
Mastigabilidade	618,27 ^b	1166,64 ^a
Resiliência	0,36 ^a	0,38 ^a
Coesividade	0,79 ^b	0,81 ^a
L^* Casca	43,30 ^a	44,20 ^a
C^* Casca	42,17 ^a	43,89 ^a
$^{\circ}h$ Casca	56,6 ^a	57,01 ^a

L* Miolo	62,38 ^b	65,85 ^a
C* Miolo	29,12 ^b	43,90 ^a
^oh Miolo	78,37 ^a	78,60 ^a

Dados apresentados com média de 4 repetições de cada tratamento. Os valores médios com letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa entre os tratamentos (pão controle e pão enriquecido) ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A textura é um importante atributo de qualidade de pães. Segundo Szczesniak (2002), sensorialmente, a dureza diz respeito à força requerida durante a mastigação para a ruptura do alimento, não sendo desejável altos valores, enquanto a mastigabilidade é a energia requerida para triturar um alimento sólido até o ponto de ser deglutido. Normalmente, quanto maior a dureza, maior a mastigabilidade, como observado no presente trabalho.

A substituição parcial da água por polpa de pequi pode ter interferido na formação do glúten, que depende da água disponível, aumentando assim, a dureza e mastigabilidade do pão. De fato, a textura do pão depende diretamente da formulação usada para sua produção, umidade da massa e do modo de conservação, podendo ser a polpa de pequi responsável por alterar este atributo (OLIVEIRA, PIROZI E BORGES, 2007).

Já a coesividade indica a força necessária para esticar um alimento até que ele seja rompido (SZCZESNIAK, 2002). O maior valor de coesividade do pão enriquecido com polpa de pequi, indica menor probabilidade de esfarelamento, quando se compara com o pão controle.

Relativo à coloração, o pão enriquecido apresentou maiores valores de L* e C* do miolo, indicando coloração mais clara e intensa.

Os pães doces enriquecidos com polpa de pequi foram submetidos a cinco dias de armazenamento à temperatura ambiente, após embalagem. O tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) nas características funcionais e nutricionais dos pães enriquecidos.

A umidade aumentou significativamente durante o armazenamento, enquanto decréscimo foi observado nos teores de extrato etéreo e proteína bruta, assim como no valor calórico dos pães enriquecidos (Figura 2). Já os teores de cinzas, fibra bruta e extrato não nitrogenado (E.N.N.) dos pães enriquecidos não alteraram significativamente ao longo do armazenamento ($p > 0,05$), apresentando médias de $1,7 \text{ } 100\text{g}^{-1}$, $0,38 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e $57,2 \text{ } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

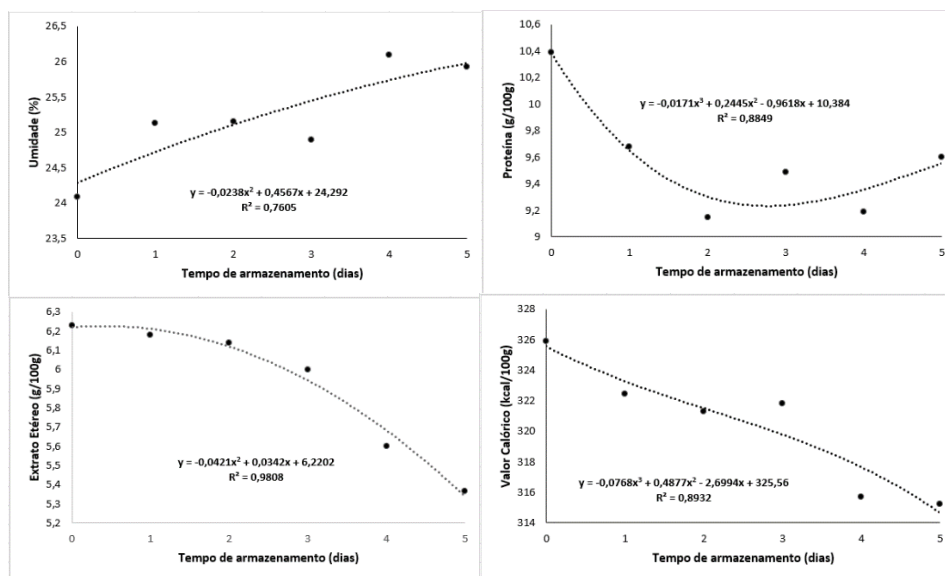


Figura 2 – Umidade, gordura, proteína e valor calórico dos pães enriquecidos com 35% de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.

A alta umidade relativa do ar observada no período do armazenamento pode ter contribuído com o aumento da umidade dos pães, além do tipo de embalagem e a sua forma de vedação. Gandra et al. (2008) notaram o oposto, diminuição da umidade de pães durante armazenamento.

A redução do extrato etéreo pode ser explicada devido ao processo de oxidação lipídica, reação que ocorre quando o oxigênio reage com os ácidos graxos. A atividade de água no alimento e a exposição à luz também levam à oxidação. Além da presença de oxigênio, foi possível observar um aumento da

umidade, supõe-se que esse aumento tenha promovido a diminuição do extrato etéreo, que foi oxidado. Os pães não foram armazenados ao abrigo da luz, fato esse podendo também contribuir para a redução dos valores de extrato etéreo. (CELESTINO, 2010).

A alteração nos valores proteicos pode estar relacionada com um possível processo de degradação proteica sofrido pelos pães. Segundo Norwood et al. (2019) os aminoácidos são instáveis quando expostos ao calor. O clima estava quente no período de armazenamento dos pães, podendo este fato estar relacionado com a degradação das proteínas e consequente diminuição.

O valor calórico depende diretamente dos valores de ENN, proteína e lipídeos. Visto que o ENN não variou ao longo do armazenamento, a diminuição do valor calórico total está associada à queda de proteína e extrato etéreo.

Os teores de vitamina C dos pães doces enriquecidos diminuíram ao longo do armazenamento, em especial no primeiro dia, com tendência de estabilização entre o segundo e quartos dias e aumento na taxa de degradação a partir de então (Figura 3). A degradação da vitamina C pode se dar em função de fatores como exposição à luz, presença de açúcar e temperatura de armazenamento, pois esta é uma vitamina termolábil e sensível a condições de processamento (SAPEI; HWA,2014). Os pães foram armazenados em temperatura ambiente e sob exposição a luz, como já mencionado anteriormente, o que pode ter ocasionado degradação e consequente redução de vitamina C dos pães.

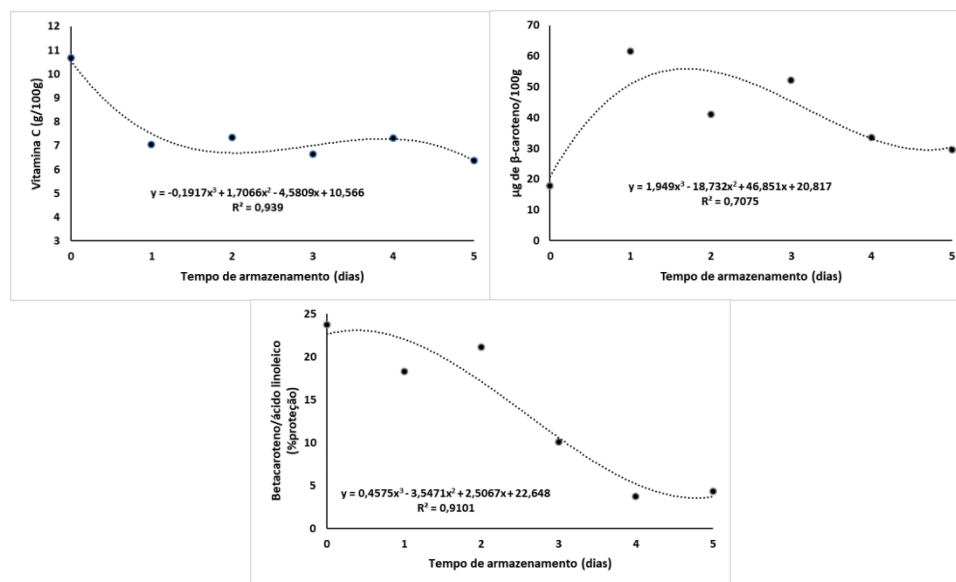


Figura 3 – Valores de Vitamina C, β-caroteno e atividade antioxidante dos pães enriquecidos com 35% de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.

Os pães doces enriquecidos apresentaram, em média, $118,91 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$ de fenólicos totais, que se mantiveram estáveis ao longo do armazenamento ($p < 0,05$). Segundo Jing e Giusti (2007), uma menor concentração de oxigênio pode manter os teores de fenólicos durante o período de armazenamento, pois com uma menor quantidade de oxigênio os processos oxidativos atenuam. Como os pães foram armazenados em embalagens plásticas vedadas, supõe-se que ocorreu uma diminuição nas quantidades de oxigênio, levando à diminuição da oxidação e consequente manutenção dos valores de fenólicos dos pães. Além disso, o calor utilizado no processo de branqueamento e no assamento dos pães contribui para inativação de fenolases responsáveis por alterações nos substratos fenólicos.

Os valores de β-caroteno apresentaram um pico de aumento entre o primeiro e o segundo dia de armazenamento, diminuindo a partir daí (Figura 3).

Os carotenoides apresentam uma estabilidade muito baixa, sendo sensíveis à luz, calor e oxidação, sofrendo degradação espontaneamente (CHAVES; PINHO, 2018; NASCIMENTO et al., 2017). O pão enriquecido apresentou decréscimo nos valores de β -caroteno, fato que pode ser justificado pelo possível processo de oxidação sofrido por esse composto durante o tempo de armazenamento.

Os pães enriquecidos apresentaram atividade antioxidante média determinada pelo método ABTS, $3,8 \mu\text{mol}$ de trolox g^{-1} , que não variou significativamente em função do armazenamento.

Não obstante, redução na atividade antioxidante medida pelo método β -caroteno/ácido linoleico foi observada com o tempo de armazenamento (Figura 3). Nascimento et al. (2017) notaram diminuição da capacidade antioxidante de polpa de pequi durante armazenamento. Visto que os pães foram enriquecidos com polpa de pequi, a diminuição de sua atividade antioxidante pode ser associada à polpa utilizada, como relatado por Nascimento et al. (2017). A redução da atividade antioxidante pode ser associada às diminuições reportadas nos teores de vitamina C e/ou de β -caroteno, compostos com comprovada ação antioxidante.

O tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) o perfil de textura dos pães doces enriquecidos.

Observou-se o aumento da dureza e a mastigabilidade dos pães doces ao longo do armazenamento (Figura 4). Ambas variáveis apresentaram comportamento semelhante, de ordem cúbica, com aumento no primeiro dia de armazenamento, seguida de estabilidade até o quarto dia e elevação no quinto dia de armazenamento. Segundo Esteller (2004), o aumento da dureza está diretamente associado ao processo de cristalização e retrogradação da fração amilácea, alteração das proteínas e perda de água da massa. Havendo um aumento da dureza, conseqüentemente a mastigabilidade também se eleva, como observado no presente trabalho, sendo uma característica indesejável. Mesmo os

pães tendo sido acondicionados em embalagens plásticas, visando-se possíveis perdas de água que podem levar à cristalização e retrogradação do amido e conseqüentemente o endurecimento dos pães, o endurecimento e aumento da mastigabilidade foram notadas, especialmente no primeiro e quinto dias de armazenamento.

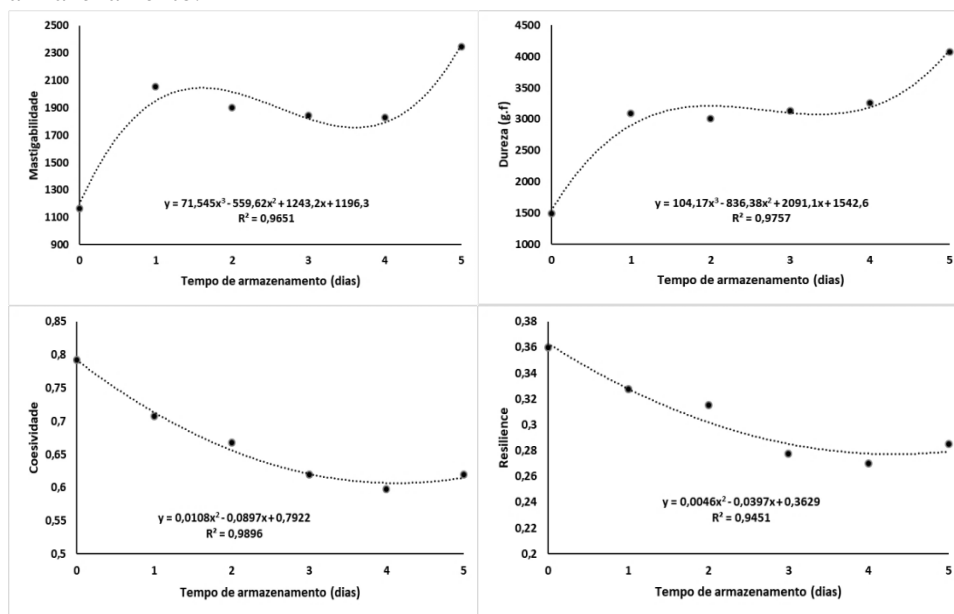


Figura 4 – Textura dos pães enriquecidos com 35 % de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.

A elasticidade dos pães não se alterou significativamente durante os cinco dias de armazenamento, com média de 0,9295 g.f. A elasticidade é a taxa na qual um material deformado é capaz de retornar à sua condição inicial após a remoção da força de deformação (SZCZESNIAK, 2002), por exemplo a mordida. A elasticidade dos pães deve-se à formação da rede de glúten, rede manufaturada a partir de proteínas, principalmente as gluteninas e gliadinas, na presença de água e calor (ESTELLER, 2014).

A coesividade e a resiliência dos pães doces apresentaram comportamento quadrático semelhante, diminuindo com o tempo de armazenamento (Figura 4). A coesividade é caracterizada pela medida em que um material pode ser deformado antes de romper, enquanto a resiliência é a capacidade de um corpo recuperar sua altura original após ser comprimido (SZCZESNIAK, 2002). Assim, a redução da coesividade e resiliência sugere um pão mais quebradiço e mais propenso ao esfarelamento, quanto maior o tempo de armazenamento.

Verificou-se que, o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) a coloração, tanto da casca, quanto do miolo dos pães (Figura 5).

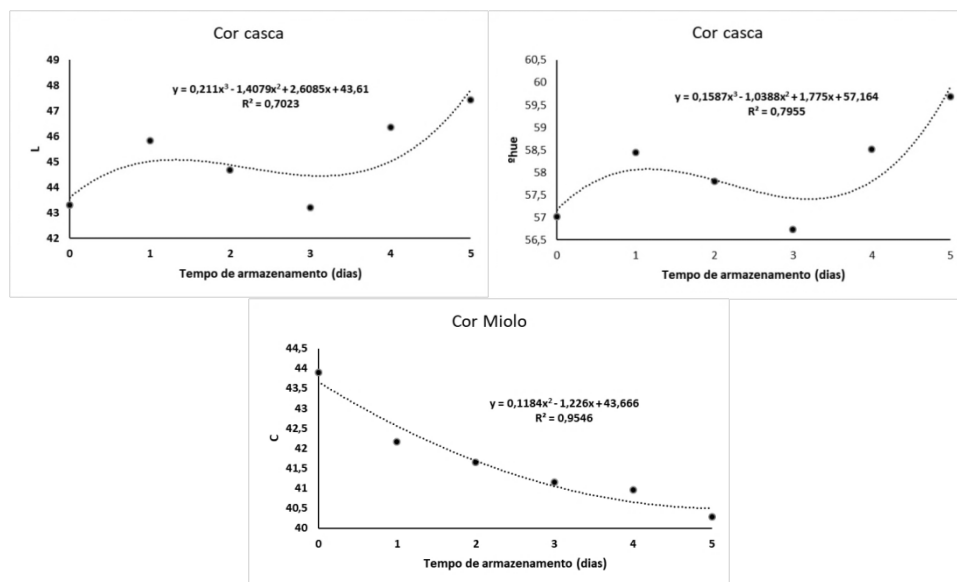


Figura 5 – Valores de L^* e a^* da casca e de C^* do miolo dos pães enriquecidos com 35% de polpa de pequi ($p < 0,05$), armazenados no período de 5 dias.

Observou-se, na casca dos pães doces, comportamento cúbico semelhante para as variáveis L^* e $^{\circ}h$, enquanto C^* não foi influenciado pelo tempo de armazenamento. O comportamento de L^* e $^{\circ}h$ foi marcado por elevação no primeiro dia de armazenamento, seguida de tendência de estabilização até o quarto dia, seguida por nova elevação no quinto dia de armazenamento. Assim, a casca dos pães doces ficou mais clara e com uma tonalidade mais vermelho-amarelada durante o armazenamento.

Quanto ao miolo dos pães, as variáveis L^* e $^{\circ}h$ não sofreram alterações significativas ao longo do armazenamento, enquanto uma redução quadrática foi observada para o C^* ($p < 0,05$), o que sugere diminuição da intensidade da coloração (Figura 5).

Gonçalves et al. (2010) evidenciaram que o tempo de armazenamento do pequi cozido provocou uma diminuição da intensidade da cor alaranjada do fruto, podendo justificar a diminuição da intensidade da coloração do miolo do pão. Essa modificação pode estar relacionada com a degradação dos carotenoides no período de armazenamento, que apresentou diminuição de seus teores nos pães analisados (Figura 3).

CONCLUSÕES

A substituição parcial de água por polpa de pequi promove enriquecimento nutricional e funcional a pães doces.

O potencial nutricional e funcional dos pães enriquecidos com polpa de pequi diminui ao longo do armazenamento.

O armazenamento de pães enriquecidos promove aumento de sua dureza e mastigabilidade e redução de sua resiliência e coesividade, bem como um produto com casca mais clara e vermelho-amarelada e miolo com menor intensidade de cor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA – ABIP. **Estudo de tendências: Perspectivas para a Panificação e Confeitaria**, 2009. Disponível em: <<http://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2016/01/estudo-tendencias-20jul09.pdf>>. Acesso em: 02 de jun. 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 18th ed. Gaithersburg, 2012. .

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Sobre a Vigilância de DCNT. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/noticias/43036-sobre-a-vigilancia-de-dcnt>>. Acesso em: 02 de jun. 2019.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2010.

CHAVES, M. A.; PINHO, S. C. de. Effect of production parameters and stress conditions on beta-carotene-loaded lipid particles produced with palm stearin and whey protein isolate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

DAMIANI, C. et al. Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 203-212, 2008.

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

ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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

FREIRE, B. et al. Padrão de consumo alimentar e fatores associados em adultos. **Revista Família, Ciclos de Vida e Saúde no Contexto Social**, v. 6, n. 4, 2018.

GONÇALVES, G. A. et al. Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por diferentes métodos e tempos de armazenamento. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 581-588, 2010.

INDEX BOX Marketing and Consulting . **World - Bread And Bakery Product - Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights**. IndexBox, 2015.

INDEX BOX. Which Countries Consume the Most Bread?, 2017. Disponível em: <<https://www.indexbox.io/blog/which-countries-consume-the-most-bread/>> Acessado em 04 de julho de 2019.

JING, P.; GIUSTI, M. M. Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) color extract. **Journal of food science**, v. 72, n. 7, p. C363-C368, 2007.

LARRAURI, J. A.; RUPEREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

MENDONÇA, K. S. et al. Influence of convective and vacuum on the quality attributes of osmo-dried pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) slices. **Food Chemistry**, v. 224, p. 212-218, 2017.

NASCIMENTO, N. R. R. et al. ANTIOXIDANT CAPACITY OF PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) PULP IS PRESERVED BY FREEZE-DRYING AND LIGHT-RESISTANT PACKAGING. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, 2017.

NORWOOD, E. A. et al. Changes in Whey Protein Powders During Storage. In: Whey Proteins. **Academic Press**, 2019. p. 123-154.

OLIVEIRA, T. M. de; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. da S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 2, p. 141-150, 2008.

RIBEIRO, M. C. et al. Influence of the extraction method and storage time on the physicochemical properties and carotenoid levels of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) oil. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 386-392, 2012.

RODRIGUES-AMAYA, B. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILST Press, 2001.

RODRIGUES, L. J. et al. Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian cerrado. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, 2015.

RODRIGUES, L. J. et al. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 260-265, 2009.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoleico. Fortaleza: Embrapa. (Comunicado Técnico), 2006_a.

- RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{*+}. Fortaleza: Embrapa. (Comunicado Técnico, 128), 2007.
- SAPEI, Lanny; HWA, Lie. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices. **Procedia Chemistry**, v. 9, p. 62-68, 2014.
- SOUZA, E. C. et al. Qualidade e vida útil de pequi minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1811-1817, 2007.
- STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montolvo, 1967. 428 p.
- SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food quality and preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.
- VILAS BOAS, B. M. et al. Caracterização física, química e bioquímica do mesocarpo interno de frutos do pequi colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2285-2290, 2013.
- VILAS BOAS, E. V. B. Frutas minimamente processadas: pequi. In: **III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, Viçosa, p. 122-127, 2004.
- VILAS BOAS, B. M. et al. Qualidade de pequis fatiados e inteiros submetidos ao congelamento. **Ciência Rural**, v. 42, v. 5, p. 904-910, 2012.
- WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.) **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley and Sons, 2002.
- WILSON, E. D.; SANTOS, A. C.; VIEIRA, E. C. **Basic nutrition**. Savier, São Paulo, SP, Brazil, 1982. 80p.
- WORLD: Bread and Bakery – Market Report. Analysis and Forecast to 2025. Global bread and bakery consumption continue to experience

modest growth, 2018. Disponível em:
<<https://www.bizcommunity.com/PDF/PDF.aspx?l=1&c=162&ct=1&ci=176273>>. Acessado em 04 de julho de 2019.