

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
CURSO DE NUTRIÇÃO

Letícia Moura da Silva

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE  
DIFERENTES TIPOS DE BROTOS**

Porto Alegre

2017

Letícia Moura da Silva

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE  
DIFERENTES TIPOS DE BROTOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Medicina.

Orientador: Prof. Dra. Viviani Ruffo de Oliveira

Porto Alegre

2017

CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Letícia Moura da

Caracterização e avaliação físico-química de diferentes tipos de brotos / Letícia Moura da Silva. -- 2017.

50 f.

Orientador: Viviani Ruffo de Oliveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Curso de Nutrição, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. brotos. 2. germinação. 3. valor nutritivo. I. Oliveira, Viviani Ruffo de, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pela autora.

## **CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES TIPOS DE BROTOS**

Apresentado a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Porto Alegre, \_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso Avaliação física e química de diferentes tipos de brotos, elaborado por Letícia Moura da Silva, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Nutrição.

Comissão Examinadora:

---

Nut. Msc. Salete Braga Medeiros

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Maitê de Moraes Vieira (Agronomia / UFRGS)

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Viviani Ruffo de Oliveira - Orientadora

À minha família, por todo o apoio,  
incentivo, dedicação e amor.

Aos meus professores, especialmente à  
minha orientadora Viviani Ruffo, pelo  
conhecimento transmitido.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à vida, pela oportunidade que me ofertou, pelos frutos colhidos e por todo o aprendizado em que tive durante esse período.

À minha família, por sempre estar comigo, acreditar no meu sonho, colaborar para que se tornasse real e por todo o amor concedido à mim.

À minha avó Marina, por ter me inserido no mundo escolar tão cedo, pela dedicação incondicional e pelo exemplo de mulher que é.

À minha mãe por ter me incentivado e apoiado desde sempre, mesmo em meio as dificuldades, foi base para que eu pudesse encontrar forças e confiança para alcançar meus objetivos.

Ao meu gato Junior Marino, que foi meu fiel companheiro nas noites mal dormidas e de muito estudo, esteve sempre ao meu lado.

À minha amiga Liziane Camargo, que foi um dos maiores presentes que a universidade me concedeu, pela lealdade, companheirismo e todos os momentos que passamos juntas.

Aos meus amigos que estiveram comigo, obrigada pela compreensão e por comemorarem comigo a cada instante.

À minha orientadora Viviani Ruffo, pelo amor, sabedoria e conhecimento compartilhados.

À equipe do Laboratório de Nutrição da UFRGS, pelo convívio e parceria desde o início do curso.

À todos os meus professores, que contribuíram para que eu chegasse até aqui. Aos professores da graduação pelos exemplos de profissionais e seres humanos em que pude conviver durante esses quatro anos.

À todas as nutricionistas que me supervisionaram durante os estágios obrigatórios, pelas experiências compartilhadas e pelo conhecimento que agregaram.

À equipe do Restaurante Universitário 02 da UFRGS, por terem me acolhido tão bem e terem tornado do RU o meu segundo lar.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino de qualidade, pelas oportunidades proporcionadas e pelo excelente corpo docente do Curso de Bacharel em Nutrição.

## EPÍGRAFE

“Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades, lembrai-vos de que as  
grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível.”

*Charles Chaplin*

## RESUMO

Devido à busca cada vez maior por uma vida e hábitos saudáveis, a procura por alimentos naturais vem crescendo. Alguns compostos naturais presentes nos alimentos, muitas vezes diminuem a absorção de nutrientes, uma forma de reduzir a presença desses compostos é através da cocção, mas esse método acaba diminuindo também os nutrientes desejados. A germinação é um processo muito antigo utilizado pelos orientais, pois melhora o valor nutricional das sementes, que quando germinadas tornam-se brotos, diminuindo o teor lipídico e de carboidratos aumentando o teor de proteínas, vitaminas e alguns minerais. O broto mais conhecido e mais antigo é o de feijão moyashi, mas com a crescente demanda o mercado tem ampliado e é possível encontrar brotos de beterraba, lentilha, soja, brócolis, alfafa, amaranto, quinoa, trevo e girassol. Esse trabalho buscou caracterizar físico e quimicamente, além de avaliar diferentes espécies de brotos. Os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). As amostras foram pesadas em balança de precisão e o comprimento avaliado através de uma régua; todas as análises foram realizadas em base seca, as proteínas foram determinadas através do método de micro *Kjeldahl*, as cinzas em mufla, os lipídios foram quantificados pelo método de *Soxhlet* e as fibras brutas através do resíduo da determinação de lipídios. O BT apresentou maior teor proteico e o BFM o menor, os lipídios foram maiores no BFM e menores no BBA e o BT mostrou maiores valores de cinzas. O BT apresentou melhor composição química e o BFM foi classificado com menor qualidade nutricional. É um alimento cada vez mais consumido pela população e possui boa aceitação além de apresentar ótimas características nutricionais e um custo considerado adequado, para os benefícios que proporciona, é necessário que se conheça suas características para que o seu consumo seja mais estimulado.

**Palavras-chave:** germinação, brotos, composição centesimal

## ABSTRACT

Due to the increasing search for a healthy life and habits, the demand for natural foods has been growing. Some natural compounds present in foods often decrease the absorption of nutrients, a way to reduce the presence of these compounds is through cooking, but this method ends up also decreasing the desired nutrients. Germination is a very old process used by the oriental, because it improves the nutritional value of the seeds, which when sprouted become sprouts, decreasing the lipid and carbohydrate content increasing the content of proteins, vitamins and some minerals. The best known and oldest bud is the moyashi bean, but with increasing demand the market has expanded and it is possible to find sprouts of beet, lentils, soybeans, broccoli, alfalfa, amaranth, quinoa, clover and sunflower. This work sought to characterize physically and chemically, in addition to evaluating different species of sprouts. The results were statistically evaluated by analysis of variance (ANOVA), the means compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The samples were weighed on a precision scale and the length evaluated through a ruler; all analyzes were performed on dry basis, the proteins were determined by the micro *Kjeldahl* method, the ashes in muffle, the lipids were quantified by the *Soxhlet* method and the crude fibers through the residue of the lipid determination. The CS had higher protein content and the SMB the smaller, the lipids were higher in the SMB and smaller in the SBWA and the CS showed higher ash values. CS presented better chemical composition and SBM was classified with lower nutritional quality. It is a food increasingly consumed by the population and it has good acceptance besides presenting excellent nutritional characteristics and a considered adequate cost, for the benefits that it provides, it is necessary to know its characteristics so that its consumption is more stimulated.

**Keywords:** germination, sprouts, proximate composition

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Período de ocorrência dos principais eventos associados à germinação e crescimento pós-germinativo.....	20
<b>Figura 2</b>	Germinação de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	20
<b>Figura 3</b>	Brotos utilizados no estudo.....	32
<b>Figura 4</b>	Tamanho dos brotos após 5 dias de germinação.....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Análise do peso e comprimentos dos brotos.....	37
<b>Tabela 2</b>	Composição centesimal dos brotos avaliados em matéria seca.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS

ASWA	<i>Amaranth sprouts with alfafa</i>
BAA	Broto de amaranto com alfafa
BBA	Broto de brócolis com alfafa
BFM	Broto de feijão moyashi
BT	Broto de trevo
CS	<i>Clover sprouts</i>
EUA	Estados Unidos da América
SBWA	<i>Sprout broccoli with alfafa</i>
SMB	<i>Sprout moyashi bean</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
3.1	Histórico.....	15
3.2	Produção e consumo de brotos no mundo e no Brasil.....	15
3.3	Germinação.....	16
3.3.1	Importância do processo de germinação.....	20
3.3.2	Fatores interferentes na germinação.....	21
3.3.3	Aspectos nutricionais.....	22
3.4	Fatores antinutricionais.....	25
3.5	Compostos fenólicos, isoflavonas e atividade antioxidante.....	28
3.6	Aspectos microbiológicos.....	30
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
4.1	Preparo das amostras.....	32
4.2	Análise física.....	33
4.3	Avaliação química.....	34
4.3.1	Determinação da composição química.....	34
4.3.2	Análise estatística.....	35
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais tem aumentado a busca por uma vida mais saudável, o que tem encorajado a população a uma dieta mais rica em hortaliças, frutas, cereais, oleaginosas, leguminosas e seus brotos comestíveis (MARQUES et al., 2017).

A procura por alimentos nutricionalmente mais promissores, livres de agrotóxicos vem aumentando, além de ser produzido em um curto espaço de tempo e poder ser produzido em pequenos espaços físicos, independentemente das condições climáticas (MARQUES et al., 2017).

A produção de brotos está em expansão no Brasil, embora na China já são produzidas e consumidas algumas espécies há 5.000 anos. Diversas espécies de olerícolas e leguminosas vêm sendo utilizadas para esse fim (VIEIRA e NISHIHARA, 1992). Em todo o mundo a demanda por esse tipo de produto vem aumentando, já chegando a um incremento de 5 a 10% a cada ano. Antes dominavam o mercado os brotos de alfafa e feijão moyashi, hoje encontra-se uma maior diversidade de brotos vegetais, como os de feijão adzuki, brócolis, ervilha, trigo sarraceno, centeio e quinoa (TANG et al., 2014).

O cultivo de brotos comestíveis demanda pouco consumo de água e energia elétrica, bem como é um cultivo que dispensa o uso intensivo de pessoas envolvidas nessa produção. Outros fatores interessantes que fazem esse cultivo lucrativo são: baixo investimento inicial e equipamentos simples e pouco onerosos (MARQUES, 2017). A produção de brotos tem como objetivo germinar os grãos de forma controlada, para garantir plântulas sem fibras e coloração uniforme, assim como, sem o tegumento da casca aderente (DUQUE et al., 1987).

O principal interesse está na região do hipocótilo (região entre as duas primeiras folhas despontantes e as raízes), que deve ser longo (cerca de 5 cm) (MARQUES et al., 2017), essas características visam apresentar coloração clara, consistência firme, melhor sabor e conseqüentemente uma melhor qualidade final dos brotos (DUQUE et al., 1987; MARQUES et al., 2017).

O rendimento da produção de brotos é considerado alto, normalmente um quilo de sementes produz de cinco a doze quilos de brotos, dependendo da espécie e do tempo de brotação (VIEIRA, 2016).

Inicialmente os brotos eram apenas encontrados em lojas de produtos naturais, no entanto nos dias atuais, são encontrados em alguns supermercados e restaurantes. Os brotos têm sido utilizados *in natura* em saladas, fazem parte de recheios de sanduíches ou acompanham frutas, sopas, podem, ainda, são utilizados em farofas e molhos. (MARQUES et al., 2017).

Vieira e Nishihara (1992) mencionam que os brotos podem ser consumidos em preparações aquecidas, contudo Marques et al. (2017) apontam que em preparações quentes, os brotos devem ser adicionados em preparações quentes apenas no momento do consumo, para manter sua textura e valor nutricional.

Sendo assim, devido à escassez de literatura sobre o tema, e pelo aumento do consumo de brotos em diferentes preparações frias ou quentes, além de ser considerado um alimento com valor nutricional promissor, esse estudo propõe conhecer melhor esse alimento que parece ter potencial para ter maior inserção na dieta dos brasileiros.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1 Objetivo geral

- Caracterizar e analisar as características físicas e químicas de diferentes espécies de brotos

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar peso e comprimento das espécies de brotos avaliadas
- Analisar a composição química das espécies de brotos avaliadas

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Histórico

Sabe-se que promover a germinação do grão é um dos processos mais antigos, simples e econômicos destinados a melhorar o valor nutricional dos grãos, pois se trata de uma forma de consumo de alimento bastante apreciada na China, no Japão e nos Estados Unidos e que, no Brasil, vem se expandindo (OLIVEIRA, 2013). Os brotos de feijão moyashi são muito apreciados na China, Japão e nos Estados Unidos da América (EUA) (VIEIRA; NISHIHARA, 1992), também são produzidos e comercializados brotos de outras sementes como, trevo, lentilha, girassol e alfafa nos EUA.

Sua aplicação na alimentação é uma prática milenar no Oriente e também é observada a expansão do consumo para o Ocidente (LOURES et al., 2009).

Fordham et al. (1975) afirmaram que a produção de brotos de soja e feijão moyashi, também conhecido como feijão mungo, tem sido desenvolvida há séculos.

De acordo com Weiss et al. (2007), no mercado alemão, existe grande variedade de diferentes tipos de brotos, incluindo aqueles das seguintes sementes: feijão adzuki (*Vigna angularis*), agrião (*Lepidium sativum*), feijão moyashi (*Vigna radiata*), mostarda branca (*Sinapis alba*), verde e ervilha amarela (*Pisum sativum*), arroz (*Oryza sativa L.*), centeio (*Secale cereale*), gergelim (*Sesamum indicum*), girassol (*Helianthus annuus*) e trigo (*Triticum aestivum*). Em países como Índia, Paquistão, Afeganistão e alguns da América Central é consumido na forma *in natura* ou processado, como farináceos ou enlatado satisfazendo à demanda dessas populações (OLIVEIRA, 2013).

No Brasil, o feijão moyashi, é a espécie mais utilizada para a produção de germinados, sendo usado principalmente na elaboração de preparações orientais, além de mais outras 30 espécies de plantas, principalmente hortaliças, como brócolis, rabanete, cebola, mostarda, entre outras (OLIVEIRA, 2013).

#### 3.2 Produção e consumo de brotos no mundo e no Brasil

Os brotos de soja foram preferidos como parte da alimentação diária na Coréia, Japão e China ao longo dos anos. A origem exata é desconhecida, mas é assumido que foi consumido desde o período de Três Reinos da Coréia (B.C.- 1935) ou a era Goryeo precoce (918-1392) (MARTON et al., 2010).

No Japão, existem três tipos de brotos: os brotos "verticais", que são cultivados em estufas de plástico ou vidro em luz natural, e brotos de nabo e de trigo, após os brotos de "curl", um tambor rotativo que é usado para cultivo de brotos de brócolis, mostarda, couve e repolho vermelho sob lâmpadas fluorescentes, e por último temos os de feijão moyahi, que são produzidos no escuro, em frascos de madeira, também pode-se cultivar brotos de qualquer tipo de feijão e alfafa. Os brotos verticais e de "curl" são consumidos crus, após lavagem, mas os de feijão moyashi são cozidos para retirar o cheiro característico (LEE et al., 2009).

A partir da década de 90, o consumo de brotos teve uma propulsão no Brasil, porém um dos obstáculos para que haja a expansão desse cultivo é a literatura escassa sobre o tema, além de que as grandes empresas que produzem e comercializam, principalmente os brotos de moyashi de alta qualidade, não disseminam a tecnologia utilizada (VIEIRA e LOPES, 2001). Para Cantelli et al. (2017), a produção de brotos no Brasil ainda é restrita, porque são necessárias tecnologias que proporcionem uma produção de qualidade.

Segundo Oliveira et al. (2013), para a instauração do mercado consumidor, são necessárias tecnologias que permitam a produção em larga escala e técnicas de processamento que certifiquem a segurança alimentar do gênero. Possibilitando o comércio, assim como algo vantajoso e interessante para os produtores. Também existe outro fator limitante, que é a dificuldade em conseguir sementes de qualidade por um preço razoável. Os grãos pequenos, como os de brócolis, são relativamente mais caros que os do feijão moyashi. Por esse motivo, os brotos provenientes dos grãos pequenos são comercializados em menor volume (geralmente 150g), enquanto que os de moyashi são encontrados em maior quantidade (500g) (VIEIRA et al., 2001).

A produção de brotos é rápida, cerca de 3 a 7 dias, e pode ser realizada em qualquer época do ano, sem a necessidade de solo, fertilizantes, agrotóxicos e luz solar direta (VIEIRA; LOPES, 2001). Os Estados Unidos, consome cerca de 11.000 toneladas de feijão moyashi anualmente, principalmente na forma de brotos (TANG et al.. 2014).

### 3.3 Germinação

O processo de germinação é considerado uma forma de processamento de alimentos, invés de ser caracterizado como produção agrícola, sendo regulado pela *Food and Drug Administration* (FDA). A expectativa é que os regulamentos que

normatizam as práticas, produção e instalações de brotos sejam mais rigorosos futuramente. Nos dias atuais, a FDA conjuntamente com o Instituto de Segurança Alimentar e Saúde no Instituto de Tecnologia de Ilinóis, criaram a *Sprout Safety Alliance* (SSA), que tem por finalidade ofertar suporte ao setor, através da identificação e implementação de práticas ideais para a produção segura de brotos (TANG et al., 2014).

A germinação é um dos processos mais simples, antigos e econômicos que melhora o valor nutricional dos grãos, fazendo com que as proteínas vegetais de baixo valor nutricional melhorem a qualidade, pois ocorrem mudanças na composição centesimal por causa da degradação parcial do amido e das proteínas, assim como a do ácido fítico e taninos, o que melhora a digestibilidade dos nutrientes (KHOKHAR e CAUHAN, 1986; DE-LEON et al., 1992; BARAMPAMA e SIMARD, 1994).

Brotos e sementes germinadas são diferentes, mas muito confundidos, por isso, é importante se definir cada um: Sementes germinadas são aquelas que se relacionam ao primeiro estágio após a germinação, enquanto que o broto equivale a um estágio mais avançado do desenvolvimento, onde a semente é estimulada pelo contato com a água, com o ar e o calor, o que resulta no crescimento, onde formam-se o caule e as folhas que são preenchidos com clorofila originando os brotos que podem apresentar de 8 a 10 cm de altura e folhas definidas (LOURES et al., 2009).

A germinação é um processo de pré-digestão, fisiologicamente é quando a radícula e o coleóptilo aparecem (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). É uma boa alternativa para a diminuição dos fatores antinutricionais, como os fitatos e inibidores de proteases presentes nos grãos.

Para um bom rendimento, as sementes devem, principalmente, ter boa qualidade, com alta pureza física, e não estarem contaminadas com sementes de outras espécies. Para garantir a qualidade do produto são necessárias sementes com alto poder germinativo dependendo da espécie empregada e dependendo do tempo de brotação, o rendimento de brotos é elevado. Tem sido observado para a proporção semente/germinado, que normalmente um quilograma (kg) de sementes produz de 5 a 12 kg de germinados, variando com a espécie utilizada (VIEIRA e LOPES, 2001; SANGRONIS e MACHADO, 2007).

Alguns estudos relatam que o tempo de germinação do broto de feijão preto pode ser de 5 a 9 dias; assim como também é relatado que o seu rendimento pode variar

entre 1,5 a 12 kgs de brotos (MARQUEZI, 2016). Ambrosano et al. (2003), encontraram um rendimento médio de brotos de feijão moyashi uma relação de 1:7 ao final de 4 dias de cultivo.

No geral, os frutos secos, sementes, cereais e leguminosas ficam submersos na água de 6 a 12 horas. Para que a germinação aconteça é necessário o fornecimento de substrato e água para o desenvolvimento adequado da plântula (MARCOS FILHO, 2005).

Quando os brotos foram comparados com as sementes, foi estabelecido que o broto devido ao seu teor de proteína transformada, que é de maior valor biológico, maior teor de ácidos graxos poliinsaturados, maior teor de vitaminas e melhor aproveitamento dos minerais possui maior valor nutricional. Durante a germinação, os polissacarídeos se degradam em oligo e monossacarídeos, os lipídios em ácidos graxos livres, enquanto que as proteínas em oligopeptídeos e aminoácidos livres (MARTON et al., 2010).

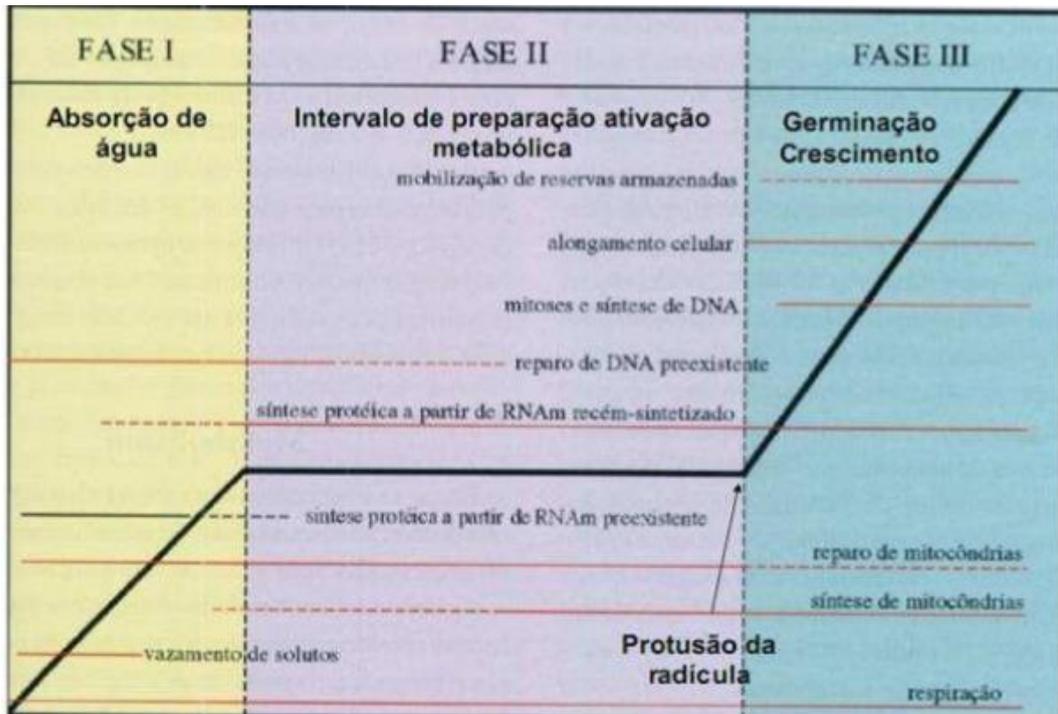
As proteínas armazenam enxofre e nitrogênio, essenciais no desenvolvimento da plântula; os carboidratos e lipídios desempenham funções energéticas, mas podem ser utilizados na formação de estruturas celulares. A água é indispensável no processo de germinação, sem o fornecimento mínimo de 30 a 40% de umidade, as reações químicas e enzimáticas não se iniciam e as sementes permanecem no estado de dormência (FERREIRA e BORGHETTI, 2004).

Esse processo fisiológico sofre influência de fatores externos e internos, que englobam as seguintes fases: embebição de água, alongamento das células, divisão celular e diferenciação das células em tecidos (POPINIGIS, 1985).

A germinação possui as seguintes fases: a primeira caracteriza-se por lançamento da radícula; a segunda, a saída do epicótilo; a terceira: abertura dos cotilédones e aparecimento das folhas e a última fase tem o aparecimento das folhas (figura 1). Depois se existirem condições apropriadas, o grão germina entre cinco à oito dias (CARVALHO, 2000).

Os brotos de feijão moyashi, feijão adzuki, grão de bico e lentilha são produzidos no escuro, pois a luz acarreta a clorofilação dos brotos, tornando-os duros e esverdeados, impróprios para o comércio (BONGIOLO, 2008). Atualmente, é possível encontrar no mercado, a associação de brotos de cereais com brotos de leguminosas, isso se deve a uma mistura de proteínas com alto valor biológico (LIMA, 2006).

**Figura 1** – Período de ocorrência dos principais eventos associados à germinação e crescimento pós-germinativo



Fonte: Silva, 2011.

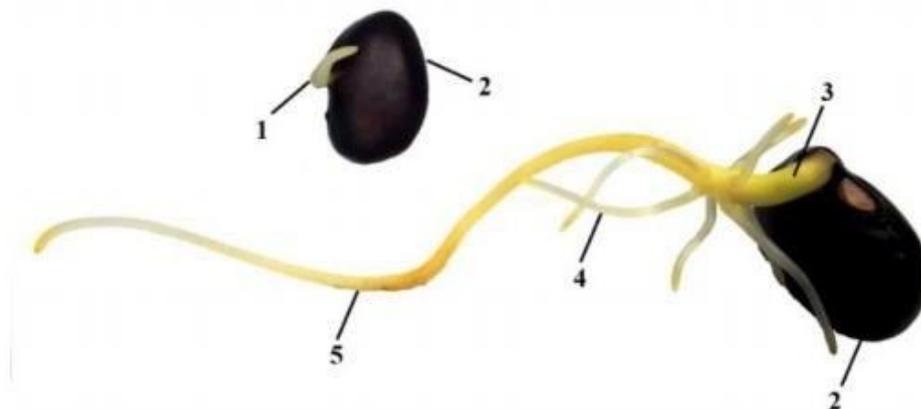
Fase 1: Hidratação/Embebição: a água penetra no tegumento, hidratando os tecidos embrionários e os tecidos de reserva. As células do embrião reassumem o tamanho e a forma que tinham antes do dessecamento (onde ocorre o amadurecimento da semente) e também a atividade metabólica (BEWLEY e BLACK, 1985; LABORIAU, 1983).

Fase 2: Mobilização/Digestão das reservas: a semente possui enzimas que podem ser ativadas pela presença de água. Essas enzimas, digerem as moléculas ocorrendo assim a conversão dos carboidratos, lipídios e proteínas. As moléculas são assimiladas pelo embrião, iniciando a transformação em plântula. Fora as enzimas já existentes na semente, ocorre a chamada ressíntese de enzimas, a partir da reorganização dos aminoácidos produzidos pela digestão das proteínas de reserva, essas novas enzimas aceleram o processo de autodigestão (BEWLEY e BLACK, 1985).

Fase 3: Assimilação de nutrientes e desenvolvimento do embrião: o amido é a principal fonte de reserva, constituindo de 70 a 80% da matéria seca da semente. Durante sua maturação, o amido é depositado nos amiloplastos, que formam os grãos de amido; esse então é clivado em glicose e frutose, que são utilizadas na respiração do embrião e síntese de novas moléculas e estruturas celulares, proporcionando o seu crescimento. Os

aminoácidos e lipídios provenientes da digestão enzimática são utilizados no crescimento e respiração do embrião (BEWLEY e BLACK, 1985).

**Figura 2** – Germinação de *Phaseolus vulgaris* L.



Legenda: 1- Radícula 2- Cotilédone 3-Hipocótilo 4- Raiz lateral 5- Raiz primária

Fonte: Marquezi et al., 2016.

### 3.3.1 Importância do processo de germinação

De acordo com Vieira e Lopes (2001) e Lima (2006) as vantagens do cultivo de brotos, incluem o pouco espaço, pois é feita em bandejas, ou em recipientes que contenham furos para escoar a água excedente; não necessita luz solar direta, no caso dos brotos de feijão, os grãos são germinados no escuro (considerando que existem espécies que germinam com luz, exemplo alfafa); sua produção ocorre em pouco tempo, tamanho adequado ao consumo, utiliza-se mão de obra simples e não requer região específica para produzi-los.

Recentemente têm sido realizados estudos em germinados de vegetais, tais como brócolis (*Brassica oleracea* L.) (JANG et al., 2015), rabanete (*Raphanuss ativus* L.) (MATERA et al., 2015) e variedades de *Brassica oleracea* L. (VALE et al., 2014), que têm demonstrado propriedades antioxidantes interessantes.

O feijão-mungo é a espécie mais utilizada para a produção de brotos no Brasil; entretanto, mais de 30 espécies de plantas, principalmente de olerícolas (brócolis, rabanete, cebola, mostarda, etc.) e de leguminosas (feijão moyashi, alfafa, trevo, lentilha e girassol) são utilizadas para essa finalidade (VIEIRA e LOPES, 2001).

A germinação promove modificação na estrutura do grão, os transformando em

brotos que então são introduzidos no grupo das hortaliças, conforme Yuyama (1997). Ocorrendo essa mudança, também a forma como esse alimento é consumido difere, podendo ser individuais ou com outros vegetais, como saladas cruas e cozidas.

Em estudos como o de Martinez et al. (2011), foi observado que a germinação de grãos de soja ocasionou uma redução significativa nos teores de taninos condensados, carboidratos e atividade antioxidante através dos métodos do DPPH e ABTS, porém ocorreu aumento da umidade, lipídios, proteínas, fibra solúvel, digestibilidade *in vitro* de proteínas e fenólicos totais e não foi observada diferença estatística nos valores de cinza, fibra insolúvel, teor e disponibilidade de ferro, ácido fítico e atividade inibitória da tripsina.

Uma das desvantagens do processo de germinação é o aumento da umidade juntamente com uma faixa de pH ideal para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos, porém, há falta de estudos científicos sobre esse assunto, o que pode indicar risco à saúde pública.

A germinação tem sido apontada como uma tecnologia barata e efetiva, aumentando a qualidade nutricional dos grãos pelo aumento da sua digestibilidade, devido à redução dos fatores antinutricionais (BENÍTEZ et al., 2013).

### 3.3.2 Fatores interferentes na germinação

Quando se tem uma semente em repouso, por dormência e satisfazendo uma série de condições externas (do ambiente) e internas ocorrerá o crescimento do embrião, que conduzirá à germinação. Portanto, visto fisiologicamente o processo de germinação é apenas a saída do estado de repouso e entrar em atividade metabólica (SILVA, 2011).

Entre os principais fatores que podem afetar a germinação são a luz, a temperatura, a disponibilidade de água e o oxigênio (IPEF, 2017). Quando se referem à luz, existe uma grande variação nas respostas germinativas; no início do século XX descobriu-se que a germinação de determinadas espécies era inibida pela luz, enquanto em outras a promovia (KRAMER e KOSLOWSKI, 1972; VIEIRA, 1992). Em relação a temperatura, ela pode afetar as reações bioquímicas que determinam o processo germinativo. As sementes possuem capacidade germinativa com limites bem definidos de temperatura, variando de espécie para espécie caracterizando sua distribuição geográfica (LABOURIAU, 1983).

Na maioria das espécies tropicais a temperatura ideal de germinação encontra-se

entre 15 e 30°C, com a máxima variando de 35 a 40°C e a mínima podendo chegar ao ponto de congelamento. Em geral, temperaturas abaixo da ótima diminuem a velocidade de germinação, ocasionando alteração da uniformidade de emergência, possivelmente devido ao aumento do tempo de exposição ao ataque de patógenos. Entretanto, as temperaturas acima da ótima aumentam a velocidade de germinação, ainda que apenas as sementes mais resistentes possam germinar (KLUTCOSKI e STONE, 2004).

Tratando-se de fatores do ambiente, a água é o fator com maior influência no processo germinativo. Absorvendo a água, por embebição, os tecidos são reidratados e conseqüentemente, ocorre a intensificação da respiração e de algumas atividades metabólicas, resultantes do fornecimento de energia e nutrientes fundamentais para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário. Entretanto, o acúmulo de umidade, resulta no declínio da germinação pois impede a penetração do oxigênio reduzindo o processo metabólico (NEUMANN et al., 1999).

A agilidade da absorção da água depende de fatores como a espécie, o número de poros na superfície do tegumento, a área de contato da semente com água, disponibilidade de água, pressão hidrostática, temperatura, composição química, qualidade fisiológica da semente e forças intermoleculares. O movimento da água para o interior da semente ocorre devido aos processos de capilaridade e difusão, ocorrendo do maior potencial hídrico para o menor (POPINIGIS, 1985).

Tendo todas as condições do ambiente para que a semente possa germinar, existem aquelas que não germinam por causa de imaturidade fisiológica do embrião, impermeabilidade do envoltório à água, e também do oxigênio (RAVEN et al., 2001).

Os brotos são muito perecíveis e portanto necessitam ser armazenados sob refrigeração imediata pós-colheita e lavagem (quando realizada com água gelada, retira o calor dos brotos, auxiliando na sua conservação). O tempo ideal e seguro para conservação dos brotos é de 13 à 15 dias, se mantidos em temperaturas entre 0 – 5°C; de 5 até 6 dias em uma temperatura de 10°C, e de 2 à 3 dias podem ser mantidos em 20°C (VIEIRA et al., 2001).

### 3.3.3 Aspectos nutricionais

Os brotos são alimentos altamente nutritivos, sendo boas fontes de minerais, vitaminas e proteínas, e apresentam baixo valor energético, além de serem apreciados pelo seu sabor (VIEIRA e LOPES, 2001; OLIVEIRA, 2013). Alguns são picantes,

como o broto de rabanete, outros são delicados e de sabor suave, como os brotos de alfafa e de trevo (VIEIRA e LOPES, 2001).

Antes do brotamento iniciar, a semente é uma boa fonte de carboidratos, energias e às vezes lipídios, mas não de vitaminas (LOURES, 2009). Com a germinação elevam-se os teores de proteína melhorando a sua qualidade, pois aumenta a sua digestibilidade e reduzem-se os fatores antinutricionais existentes. A germinação é uma opção adequada para a diminuição dos fatores antinutricionais, como os fitatos, inibidores de proteases e lectinas que estão inseridos nesses grãos, ocasionando a hidrólise de oligossacarídeos como a rafinose e estaquiose (BAU et al., 2000; BENEVIDES et al., 2011).

Os benefícios que esse processo proporciona são a conversão de proteínas vegetais de baixo valor nutricional em proteínas com uma melhor qualidade, mudanças na composição centesimal, aumento dos valores de aminoácidos, vitaminas do complexo B e fibras, causa a deterioração parcial de proteínas e amido que melhora a digestibilidade (MIRANDA, 2002). É sabido que, durante o processo germinativo, parte das proteínas é degradada a aminoácidos, que diminuem consideravelmente, exceto a lisina. A qualidade proteica não depende apenas da sua composição de aminoácidos, mas da biodisponibilidade desses nos grãos (CHAVAN e KADAN, 1989)

O processo de germinação promove um melhor valor nutricional, devido à maior digestibilidade proteica e pelo quociente de eficiência proteica (QEP). Quando se referem aos cereais, ocorre a redução dos fitatos e também é notado o aumento da biodisponibilidade de minerais e vitaminas, principalmente a C (WANG e FIELDS, 1978; BORDINGNON et al., 1995).

De acordo com alguns estudos, como o de Nakayama (1984), 100g de soja recém germinada possuem 108 mg de vitamina C e que em 72 horas, o teor dessa vitamina aumenta para 706 g, portanto, o consumo deve ser realizado no ponto exato para a garantia da ingestão de doses elevadas das vitaminas, porém, a multiplicação destas tem um limite que é quando o endosperma é utilizado pela planta em formação.

A germinação eleva a atividade da enzima fitase, mobilizando os fitatos que em teores menores tornam mais disponíveis os minerais divalentes, cobre, zinco manganês, cobalto, cálcio e ferro (LIMA, 2006).

No estudo de Vilas Boas et al. (2002), foi observado que o valor proteico da soja e do milho se elevou com a germinação, quando comparados aos grãos não germinados, e esse valor mostrou-se mais elevado a partir do 4º dia de germinação nos brotos de

soja. Os brotos de alfafa contêm grandes quantidades de vitaminas, fitoestrógenos e saponinas, possuem níveis mais elevados de vitamina A e C (aumento de 12 e 10 vezes em relação à semente (DAL BOSCO et al., 2015).

Existem evidências epidemiológicas sobre o benefício do consumo de alimentos crucíferos para auxiliar na redução do risco de câncer, doenças degenerativas e a modulação de transtornos metabólicos relacionados à obesidade. O maior benefício do consumo desse tipo de alimento ocorre quando são ingeridos frescos, como brotos jovens, evitando a degradação da enzima mirosinase por cozimento, o que é necessário para hidrolisar seus compostos característicos de enxofre e nitrogênio, os glucosinolatos, os isotiocianatos bioativos e indóis. No caso dos brotos, a degradação de glucosinolatos após o consumo ocorre durante a mastigação, com a presença da enzima mirosinase da planta, e também é mediada por  $\beta$ -tioglucosidasas na microbiota intestinal (BAENAS et al., 2017).

Além de vitaminas e minerais, existem compostos biologicamente ativos em leguminosas como soja e feijão, que podem ser responsáveis pela diminuição de risco de determinadas doenças, como câncer de próstata, mama e pulmão. O fitoestrógeno pode ser uma alternativa para o tratamento de reposição hormonal (PARK et al., 2001). Esse fitoestrógeno está nos brotos de alfafa, linhaça, grãos de soja, trevo vermelho e outros vegetais. Os brotos possuem diversas atividades, como: antioxidante, antifúngica, anticarcinogênica, antiinflamatória, antiviral, antiproliferativa entre outras (FERREIRA, 2002).

De Ruiz e Bressani (1990) ao avaliarem o efeito da germinação em sementes de amaranto observaram que a proteína, os lipídeos, a fibra bruta e as cinzas em base seca e úmida não mudaram significativamente em nenhuma das três espécies de amaranto analisadas. Os valores de rafinose, estaquiose diminuíram rapidamente nas primeiras 24h de germinação nas três espécies de amaranto estudadas. Foi observado que ao cozinhar os brotos, os fatores antinutricionais reduziram, deixando claro que esses são termolábeis.

As isoflavonas são fitoestrógenos com extensas utilidades, seu consumo oferece diversos benefícios como redução dos riscos de doenças cardiovasculares, sintomas da menopausa, proteção contra câncer e reabsorção óssea. As sementes de soja são conhecidas por conter vitamina A, B1, E e C e o processo de germinação aumenta em quantidades consideráveis os valores desses compostos. As saponinas, ou glicosídeos, tem como benefícios a diminuição dos níveis de colesterol no sangue, diminuindo a

glicemia e protegendo contra doenças renais (GHANI et al., 2016).

Cantelli et al. (2017), observaram que na soja a germinação dos grãos aumentou os teores de proteínas e isoflavonas, em média de 8,96% e 34,56%, respectivamente, e os fatores antinutricionais reduziram em média 26,91%, o teor de inibidores de Kunitz 13,78% no teor de ácido fítico.

Existem diversos estudos sobre os teores de proteínas, minerais, fibras e compostos funcionais de determinadas leguminosas (FERREIRA et al., 2004; AGUILERA et al., 2011). Alguns trabalhos indicam o aumento da atividade antioxidante e proteínas solúveis, assim como diminuição de fatores antinutricionais quando os grãos são germinados (LÓPEZ-AMORÓS, HERNÁNDEZ e ESTRELLA, 2006).

Conforme López et al. (2006), a quantidade de proteínas e carboidratos diminuem após a germinação, porque enzimas os hidrolisam, auxiliando na digestão humana, elevando o teor de aminoácidos livres. De acordo com Bressani (1993), os valores de vitaminas do complexo B (incluindo a vitamina B12) e ácido ascórbico elevam-se com esse processo.

### 3.4 Fatores antinutricionais

O conceito de fator antinutricional é utilizado para descrever os compostos presentes em alimentos de origem vegetal, que quando consumidos diminuem o valor nutritivo dos mesmos.

Nos grãos das leguminosas, estão presentes de forma natural os inibidores de enzimas proteolíticas, como a tripsina, hemaglutininas, saponinas e goiterogenos podem estar presentes em algumas leguminosas, como são compostos tóxicos podem causar determinadas patologias (LIENER, 1973).

Conforme Cantelli et al. (2017), os inibidores de tripsina são os fatores antinutricionais mais estudados por afetarem à soja, o que causa uma diminuição da absorção dos aminoácidos presentes na soja. Dentre os principais inibidores, encontra-se na soja o inibidor de tripsina de Kunitz e o inibidor de tripsina e quimiotripsina Bowman-Birk, que causam hipertrofia pancreática e síntese de enzimas proteolíticas, elevando a demanda de aminoácidos sulfurados e caracterizando perda de nitrogênio endógeno, através das fezes; as lectinas são conhecidas por aglutinina da Soja (SBA) (SILVA, 2011). Estudos anteriores, relataram redução do teor desses compostos de

acordo com o tempo de germinação, variando conforme o broto estudado (LIMA, 2006).

Os fitatos encontram-se nos cereais e leguminosas e influenciam suas propriedades funcionais e nutricionais e são sais do ácido fítico (fitato ou mio-inositolhexafosfato) que é um composto cíclico (inositol) contendo seis grupos fosfato constitui de 1 a 5% do peso da maioria dos cereais, leguminosas, sementes oleaginosas, esporos e pólen. E é, ainda, a principal fonte de inositol e de armazenamento de fósforo em sementes, contendo aproximadamente de 60 a 90% do total de fósforo do grão. Nutricionalmente, a sua presença é prejudicial, porque acarreta a formação de complexos insolúveis com minerais e proteínas, reduzindo dessa maneira a biodisponibilidade de minerais devido à sua interação com cátions multivalentes, que formam complexos insolúveis (CHERYAN e RACKIS, 1980; BENEVIDES et al., 2011). Porém, pelo seu efeito quelante com íons minerais, pode bloquear a oxidação de lipídios, agindo como antioxidante (SHAMSUDDIN, 2002).

Em sua forma livre, os fitatos forma um complexo com as proteínas e minerais presentes, principalmente com os cátions de potássio, magnésio, cálcio, ferro, zinco pois não são rapidamente absorvidos. Alguns autores falam que uma quantidade alta de ácido fítico (10%) já é considerada alta, o caracterizando como um fator antinutricional; durante a germinação o seu conteúdo é reduzido, elevando a qualidade nutricional e biodisponibilidade de micronutrientes, principalmente vitamina C (CANTELLI et al., 2017).

De acordo com Ven et al. (2005), os fatores antinutricionais presentes nas leguminosas são removidos através de alguns processos térmicos. Para amenizar o impacto que esses fatores causam, são aplicados alguns processos na soja, como a maceração, controle da atmosfera, tratamento enzimático, alta pressão isostática, trituração e tratamento térmico (BENEVIDES et al., 2011).

É sabido atualmente que, procedimentos térmicos são métodos muito utilizados para reduzir ou inativar os fatores antinutricionais presentes nos alimentos. Por isso, estão sendo realizados estudos que avaliam o efeito da temperatura sobre os fatores antinutricionais em alimentos, como o de Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) que avaliou o efeito do processamento e armazenamento nos teores de taninos no feijão, onde observaram uma redução de 34,51% após o cozimento, de acordo com os autores essa diminuição se dá pelo transporte dos taninos pela água da maceração.

Embora os estudos demonstrem a efetividade dessa ação para reduzir os fatores

antinutricionais, processar alimentos através da temperatura apresenta algumas perdas, como a de vitaminas e aminoácidos. Existem outros métodos que reduzem as concentrações dos fatores antinutricionais, como a adição de água ao alimento, alta pressão hidrostática, germinação, a maceração na presença de sulfitos, trituração, descortiçamento de grãos, atmosfera controlada e o tratamento enzimático (BENEVIDES et al., 2011). A formação de enzimas, incluindo a  $\alpha$ -galactosidase – responsável por eliminar ou reduzir os fatores antinutricionais, acaba por melhorar o valor nutritivo das leguminosas (WANG et al., 1978).

Ainda existe um dissenso sobre a estrutura físico-química, além de efeitos no organismo. A desvantagem desses compostos estarem presentes nas leguminosas é a redução do valor nutricional do alimento, por causa da diminuição da biodisponibilidade de nutrientes (LOURES et al., 2009).

Esses compostos provenientes dos brotos, quando presentes no trato gastrointestinal causam a diminuição da biodisponibilidade de aminoácidos, porém algumas dessas substâncias são termolábeis, sendo eliminadas em condições normais de preparo. Os fenóis apresentam capacidade antioxidante, sendo importantes para o processo de redução do risco de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, doença de Parkinson e Alzheimer. Porém, dentre esses compostos, os taninos são fatores antinutricionais, pois diminuem a digestibilidade das proteínas (BENEVIDES et al., 2011).

Os fatores antinutricionais afetam a digestibilidade, absorção ou distribuição dos nutrientes e quando consumidos em altas concentrações e podem ocasionar efeitos danosos ao organismo, tais como redução da disponibilidade biológica de aminoácidos essenciais e de minerais, também podendo causar irritações e lesões na mucosa intestinal, interferindo na seletividade dos processos biológicos que acontecem no corpo humano (BENEVIDES et al., 2011). Conforme Souza et al. (2005), esses fatores quando consumidos em altas concentrações e de maneira crônica, podem ser responsáveis por carências nutricionais por causa da não utilização dos nutrientes presentes nos alimentos ingeridos.

Portanto, aplicar algum processo que diminua esses fatores, seja ele através de cocção ou da germinação seria interessante para minimizar esses compostos presentes nas sementes.

### 3.5 Compostos fenólicos, isoflavonas e atividade antioxidante

A vitamina C é um ótimo antioxidante, principalmente para manter o estado ativo para muitos compostos bioativos, como vitamina E, flavonóides e fenólicos (GUO et al., 2012). A vitamina E pode proteger ácidos graxos poliinsaturados contra danos oxidantes nas membranas celulares, alguns estudos retrataram que com a progressão da germinação, o conteúdo total de vitamina E na soja aumentou rapidamente em 32,4% (34,99 mg/100g) após 24h de germinação. Os fenólicos estão localizados na interface lipídica das membranas, para eliminarem os radicais livres dentro e fora da célula (GUO et al., 2012; XUE et al., 2016).

Xue et al. (2016) verificaram também que com a progressão da germinação, o conteúdo total de compostos bioativos de brotos de feijão aumenta, no mesmo período de germinação, os brotos de soja apresentaram maior teor de componentes bioativos quando comparado aos dois tipos de feijão. Os benefícios trazidos para o ser humano devem ser ressaltados, os antioxidantes presentes nas leguminosas possuem um papel importante na limitação dos efeitos causados pelo dano celular e molecular na redução das espécies reativas de oxigênio, sendo assim, a germinação é uma técnica considerável para elevar a atividade antioxidante total.

Com o estudo de Xue et al. (2016), parece provável que o tempo ótimo de germinação para obtenção da atividade antioxidante em feijão moyashi, soja e feijão preto seja de 3 à 5 dias. Pajak et al. (2014) relataram que o incremento da atividade antioxidante durante a germinação de feijão moyashi pode estar relacionado com as mudanças no conteúdo de antioxidantes, como vitaminas e polifenóis.

Os fitoquímicos têm efeitos benéficos na inibição da oxidação de colesterol LDL, regulando os perfis lipídicos e a pressão sanguínea e diminuindo a proteína de reação C3. Os fenólicos e flavonóides demonstraram ter uma forte atividade anticancerígena através dos diferentes mecanismos de ação, incluindo atividade antioxidante, atividade antiproliferativa, regulação da expressão do gene/oncogene do supressor de tumor através das vias de transdução de sinal, inibição da expressão do gene NF- $\kappa$ B que rege a atividade COX-2 relacionada e PGE2 síntese, indução de apoptose e antiangiogênese. Estudos anteriores, sugerem que o fitoquímico, glucosinolato de sulforano, encontrado em brotos de brócolis e de couve-flor aumentaram significativamente após a germinação, gerando assim atividade anticancerígena (GUO et al, 2012).

Guo et al. (2012), observaram que a germinação aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) o teor de vitamina C após 2 dias, apresentando pico de  $285 \pm 25,7$  mg/100g no 8º dia. Já o teor de flavonóides alcançou concentrações máximas no 9º dia de germinação, aproximadamente  $1319 \pm 143$  mg de catequina equivalente/100g, que foi 6,8 vezes maior do que a concentração inicial nas sementes de feijão moyashi. A concentração de quercetina nas sementes de feijão moyashi foi de  $0,49 \pm 0,02$  mg/100g. Não houve alterações nas concentrações de quercetina durante os 3 primeiros dias de germinação, porém, após 4 dias de germinação, os valores aumentaram consideravelmente nos brotos de feijão moyashi ( $5,95 \pm 1,34$  mg/100g), e atingiu o pico no 5º dia ( $10,98 \pm 1,24$  mg/100g) e manteve-se estável a partir do dia 5 até o dia 9. De acordo com López-Amorós et al. (2006), a presença de glicósidos e de flavonóides em grãos germinados, pode ter relação com as mudanças ocorridas durante o processo, como da luz, temperatura; a luz acelera e eleva a formação de glicosídeos e quercetina.

López-Amorós et al. (2006) verificaram que no período de imersão, que antecede ao processo de germinação foi verificado uma extrema redução nos compostos fenólicos das sementes, assim como dos carboidratos e fitatos. Foi observado também que a germinação fornece um leve aumento nos compostos hidroxicinâmicos, que é maior com a presença de luz; a germinação modifica a atividade antioxidante medida através da capacidade de eliminar radicais livres de feijões, ervilhas. Após um período de germinação de 4 à 6 dias os brotos de feijão mostraram maior atividade antioxidante, quando comparados com as sementes. Luz e temperatura tem efeito sobre essa capacidade, pois os valores máximos foram alcançados no 6º dia e na ausência de luz; já com as ervilhas essa capacidade já é aumentada no princípio da germinação, sendo mais notável essa elevação no 4º dia com a presença de luz.

Os brotos de soja são ricos em isoflavonas, riboflavina e niacina, e em minerais como sódio, zinco, manganês, cobre, potássio e ferro. A sopa do broto de soja é muito utilizada na Coreia para auxiliar na veisalgia, devido ao seu teor de asparagina, conhecida pelos efeitos desintoxicantes provocados pelo acetaldeído (um metabólito tóxico produzido no metabolismo do álcool em seres humanos). Foi observado elevação nos valores de glutamato, histidina, alanina, prolina, lisina, valina e isoleucina durante a germinação. O teor lipídico também diminuiu de 15 para 10%, alguns aumentos demonstram aumento nos teores de ácido palmítico, ácido esteárico e ácido oleico, mas diminuíram no conteúdo de ácido linoleico (LA) e ácido alfa-linolenico (ALA) durante a brotação. Lee et al. (2002) relataram aumento no conteúdo de LA, mas uma

diminuição no conteúdo de ALA em brotos de cinco dias (GHANI et al., 2016).

Conforme a fase em que os brotos são consumidos, pode-se determinar a concentração de nutrientes. O potencial efeito protetor dos brotos e seus componentes ativos contra o câncer foi estudado em vários experimentos modelo *in vivo* e *in vitro*. Os resultados mostram uma correlação positiva entre a prevenção do câncer de vários órgãos e o consumo do vegetal ou seus componentes ativos (GHANI et al., 2016).

### 3.6 Aspectos microbiológicos

Apesar de ser rápida, a produção de brotos possui riscos, sendo causadores de muitos surtos alimentares causados por doenças transmitidas por alimentos (TANG et al., 2014).

A partir de 1990, os brotos *in natura* ou levemente cozidos foram associados a mais de 30 surtos bacterianos nos EUA, causados por *Salmonella* e *Escherichia coli*. A secagem pode ser uma alternativa para a expansão da vida útil dos germinados (FELLOWS, 2006). A higienização dos grãos para germinação, geralmente é realizada com água potável e esterilizadas com hipoclorito de sódio a 0,5% por alguns minutos, depois lavadas e imersas em água por aproximadamente 12 horas, podendo levar mais ou menos tempo, depende do que cada estudo avaliou, até serem dobradas em volume (NUNES et al., 2015).

A germinação proporciona modificações nutricionais desejáveis, mas eleva a umidade dos grãos, o que é um fator indesejável, pois alguns fatores favorecem a multiplicação microbiana, como o tempo, a temperatura e a umidade. As bactérias comumente encontradas em brotos comestíveis são *Escherichia Colli* e *Salmonella*, alguns estudos indicam que a desinfecção dos grãos seja realizada com hipoclorito de cálcio, tratamento térmico, altas pressões e/ou irradiação antes do consumo (DING et al., 2013).

Embora os brotos sejam considerados um alimento mais saudável, é importante ressaltar que estiveram envolvidos em numerosos surtos de doenças transmitidas por alimentos. A maioria deles tinha e foram encontradas até as sementes contaminadas com enterobactérias, por exemplo, *Salmonella* e *Escherichia coli O157: H7*. O maior foco foi associado ao consumo de brotos de rabanete envolvendo 46.000 pessoas no Japão.

O potencial crescimento de agentes patogênicos humanos, nestas comunidades

microbianas é de extrema preocupação. Afim de evitar o crescimento de agentes patogênicos nas sementes e brotos, é necessário entender o desenvolvimento de diferentes associações de microbiota. No estudo de Dal bosco et al. (2015) foram encontradas pseudomonas e enterobactérias constituindo a principal microbiota em brotos. Esses grupos bacterianos são especialmente competitivos em sementes e brotos nas condições de produção industrial.

Apesar da crescente popularidade de ser um "alimento saudável" nos países ocidentais, o risco de contaminação bacteriana representa uma preocupação de saúde pública, pois os brotos são normalmente cultivados em casa e usados como componentes de saladas e, não sofrem nenhum tratamento térmico ou de saneamento (DAL BOSCO et al., 2015).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

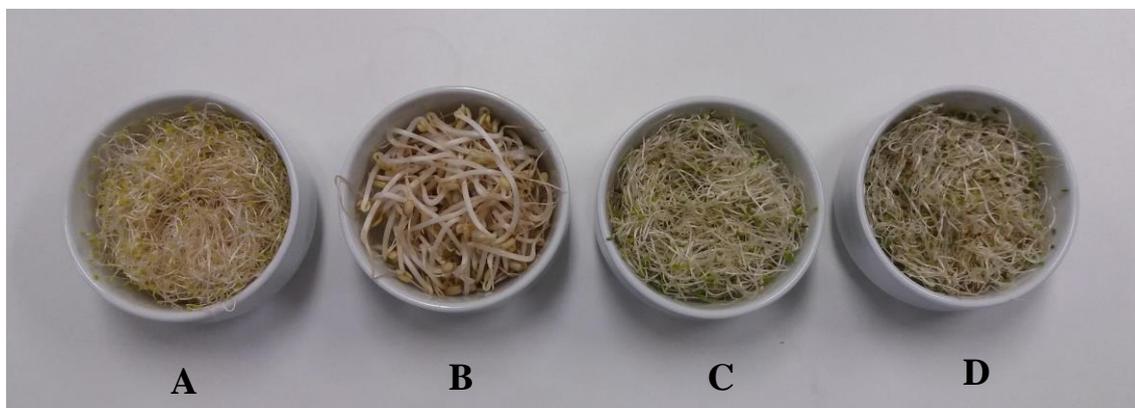
### 4.1 Preparo das amostras

O presente estudo foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Pesquisa da FAMED/UFRGS sob protocolo 33547.

As análises físicas realizadas no Laboratório de Técnica Dietética do curso de Nutrição da Faculdade de Medicina (FAMED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e as análises químicas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Os quatro tipos de brotos foram selecionados aleatoriamente em função de mimetizarem a facilidade em aquisição pela população: feijão moyashi (*Vigna radiata*), trevo (*Trifolium repens L.*), brócolis associado com alfafa (*Brassica oleracea var. italica* com *Medicago sativa*) e amaranto associado com alfafa (*Amarathus* com *Medicago sativa*).

**Figura 3** – Brotos utilizados no estudo.



Legenda: A) Broto de trevo B) Broto de feijão moyashi C) Broto de brócolis+alfafa D) Broto de amaranto+alfafa

Fonte: Moura, 2017.

Os brotos de brócolis e de amaranto, ambos associados com alfafa são constituídos de 15% de cada semente e o restante (85%) é composto por alfafa.

Os brotos foram germinados pelo produtor Brottar (localizado em Viamão, RS) por hidroponia em câmaras térmicas, onde os brotos tiveram luz, temperatura e umidade controladas para cada espécie e seguindo as boas práticas de higienização. Foi utilizada somente água mineral tanto na produção quanto na limpeza dos brotos, sem agrotóxicos, sem adubos químicos e orgânicos. A germinação ocorreu na empresa até o 5º dia, e os brotos avaliados no 7º dia. Para o processo de germinação dos brotos foi utilizado 20.000L de água e produziram em média 300 kg de brotos; 1kg de sementes rendeu 8kg de brotos.

#### 4.2 Análise física

As análises físicas foram realizadas nas amostras de brotos para avaliar peso e comprimento. Para a mensuração do peso foi utilizada balança digital centesimal (0,01g) *Unibloc* da marca *Shimadzu*<sup>®</sup>. Para determinação do comprimento de cada broto, foram avaliadas as extremidades de cada tipo com uma régua. Todas as avaliações foram realizadas em triplicata.

**Figura 4** – Tamanho dos brotos após 5 dias de germinação



Legenda: A) Broto de trevo B) Broto de feijão moyashi C) Broto de brócolis+alfafa D) Broto de amaranto+alfafa

Fonte: Moura, 2017.

### 4.3 Avaliação química

Antes da análise química, os brotos foram submetidos ao processo de secagem na estufa a 60 °C até obtenção de peso constante por 48 horas. Em seguida as amostras foram submetidas ao processo de moagem com moinhos mecânicos tipo Wiley, até atingirem consistência de pó fino.

#### 4.3.1 Determinação da composição química

As amostras de brotos foram preparadas no Laboratório de Técnica Dietética no Curso de Nutrição da Faculdade de Medicina/UFRGS e avaliadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia/UFRGS. As análises químicas foram realizadas em triplicata, segundo as normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A matéria seca foi realizada através da evaporação da umidade pelo calor na estufa a 105°C. Foram adicionadas 2 gramas de cada amostra nos cadinhos secos e colocados na estufa à 105 °C durante doze horas.

As cinzas foram determinadas em mufla e utilizado o material da matéria seca. Após a pesagem, as amostras foram colocadas na mufla frias e a temperatura aumentada lentamente até atingir 550 °C (que levou, em torno de uma hora) durante três horas, em seguida a mufla foi desligada até a queda da temperatura para menos de 200 °C e os cadinhos foram retirados e esfriados no dessecador por 60 minutos.

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de micro *Kjeldahl*, utilizando-se 0,2 gramas de amostra para medir o nitrogênio total, e após ser convertido em proteína bruta pelo fator 6,25. Para determinação dos lipídios, foi realizado o método *Soxhlet*, utilizando 2 gramas da amostra submetida à extração com éter de petróleo.

A fibra bruta foi determinada a partir do resíduo da determinação de lipídios, adicionados em beakers de 600 ml juntamente com 200 ml de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

(0,125%) fervente, conectados ao aparelho de refluxo. Após trinta minutos de fervura foram filtradas com um filtro de tela de aço usando vácuo e lavadas com água destilada fervente até a mesma não ser mais ácida (quatro lavagens de 50 ml), rapidamente sem que as amostras secassem. Após, os resíduos foram colocados de volta aos beakers, adicionando 200 ml de solução de NaOH (0,125%) fervente e deixadas novamente no aparelho de refluxo por trinta minutos, depois as amostras foram filtradas em cadinhos de vidro sinterizados de porosidade grossa e foram realizadas lavagens com água fervente e 15 ml de álcool etílico a 95% e secos em estufa a 105 °C, esfriadas em dessecador por trinta minutos e após queimadas em forno elétrico à 500 °C por duas horas, esfriadas novamente em dessecador e pesadas.

#### 4.3.2. Análise estatística

Todas as análises dos resultados obtidos foram avaliadas através de análise de variância ANOVA e a comparação das médias foi realizada por teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todos os resultados foram expressos na forma de média e desvio padrão e as análises foram realizadas no programa estatístico ASSISTAT, versão 7.7.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados peso e comprimento dos brotos *in natura*. Os resultados foram expressos na tabela 1. Em relação ao comprimento, nenhum dos brotos avaliados apresentou diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ).

Verificou-se que o broto com maior peso foi o de feijão moyashi (0,5g) isso se deveu ao fato de possuir maior espessura, quando comparado as outras variedades de brotos. Já os brotos de trevo (BT) e de amaranto associado à alfafa (BAA) apresentaram o mesmo peso (0,325g).

Cantelli (2017) ao estudar brotos de linhagens diferentes de soja observou o peso de cem sementes de cada tipo avaliado. As linhagens BRM10-60599 e PF 133002 apresentaram valores semelhantes (12,13g e 11,86g), já a cultivar BRS 216 e a linhagem BRM09-10505 obtiveram menores valores (10,51g e 10,42g). Após quatro dias de germinação observou-se que a BRM09-10505 exibiu o maior peso dos brotos, seguida da cultivar BRS 216, isso pode ser associado ao poder germinativo da semente. O rendimento de brotos considerado viável, foi de 140,93g após 4 dias de germinação.

Oliveira et al. (2013), observaram que o peso de brotos viáveis foi com a maior frequência de irrigação (12 horas), quando comparado com brotos com menores frequências de irrigação, os brotos com frequência de 8 horas o peso dos brotos viáveis não diferiu dos outros. A alteração do peso dos brotos ocorreu em detrimento dos dias de germinação, independente da irrigação; com 7 dias o peso dos brotos foi maior, cada 25g de sementes de soja com 5 dias de germinação resultou em 35,73g de brotos viáveis, com 6 dias 43,12g e com 7 dias 64,19g. Isso fez com que um quilograma de sementes de soja da cultivar BRS 216, a produção de brotos seja de 1,43 kg de brotos germinados durante cinco dias, 1,72 kg durante seis dias e 2,57 kg durante sete dias, esses valores mostraram quantidades bem inferiores, quando comparado aos resultados de Vieira e Lopes (2001), que afirmaram que 1 kg de sementes de feijão moyashi rende 6 kgs de brotos.

Quinhone Júnior e Ida (2015), ao estudarem o perfil do conteúdo de diferentes formas de isoflavonas de soja e o efeito do tempo de germinação sobre esses compostos e seus parâmetros físicos observaram que a soja BRS 284 apresentou 13,44 g por 100 sementes. Silva (2011), observou que o peso de 100 sementes nas linhagens B e C foram semelhantes e obtiveram maior peso (12,13g e 11,86g, respectivamente), o que as identificou com um tamanho maior de sementes. Porém, a cultivar BRS 216 e a linhagem A, tiveram valores menores no peso, não apresentando diferença estatística.

**Tabela 1** – Análise do peso e comprimentos individualmente dos brotos (6-7 dias)

Medida	Brotos			
	Trevo (BT)	Feijão moyashi (BFM)	Brócolis + alfafa (BBA)	Amaranto + alfafa (BAA)
Peso (g)	0,325 <sup>b</sup> ± 0,09	0,5 <sup>a</sup> ± 0,02	0,375 <sup>b</sup> ± 0,01	0,325 <sup>b</sup> ± 0,08
Comprimento (cm)	7,73 <sup>a</sup> ± 0,49	7,66 <sup>a</sup> ± 2,07	7,40 <sup>a</sup> ± 2,74	6,80 <sup>a</sup> ± 1,64

\*Média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelos resultados em base úmida no teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Xue et al. (2016), ao realizarem um estudo sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante em feijão moyashi, soja e feijão preto durante a germinação, verificaram que o comprimento de todos os brotos apresentaram elevação gradual, com valores de 24,77cm , 22,93cm e 18,50cm, respectivamente, no sexto dia de geminação.

A temperatura da água de embebição tem grande influência no comprimento do broto produzido, provando que em temperaturas superiores à 21°C os comprimentos atingidos foram maiores que aqueles deixados em água com temperatura igual ou inferior à 20°C (GHANI et al., 2016).

Cantelli et al. (2017) ao avaliarem brotos de linhagens de soja, também observaram que após 4 dias de germinação, não tiveram diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre a linhagem BRS 216 e a linhagem BRM09-10505, com comprimento médio de 7,67 cm, e entre os genótipos BRM10-60599 e PF133002, com comprimento médio de 5,64 cm. Já Oliveira et al. (2013) verificaram que o comprimento dos brotos da cultivar BRS 216 elevou-se em razão ao tempo de germinação, sendo os valores médios de comprimento 7,74 cm, 11,11 cm e 13,77 para brotos germinados durante 5,6 e 7 dias, respectivamente, com irrigação de 12h. Do ponto de vista do produtor, ele provavelmente focará em um produto com maior peso, pois terá valor mais elevado quando comercializado. De acordo com o aspecto nutricional proteico e dos demais nutrientes, foi observado que com 6 dias de germinação os brotos apresentaram maiores teores de proteína, o que tornou o produto atrativo para o consumidor (LIMA, 2006).

Quinhone Júnior e Ida (2015) observaram que os brotos da cultivar 284 elevaram quatro vezes o comprimento, de 2 à 5 dias, existindo uma consolidação no crescimento até 7 dias, o que pode estar relacionado à uma menor disponibilidade de nutrientes nesse período. Silva (2011), ao analisar o comprimento de brotos germinados de feijão moyashi, observou um aumento de 11,7 cm, apresentando no 6º dia de germinação, 12,9 cm. Quando comparado com o feijão mulatinho o crescimento foi de 8,56 cm no final de 6 dias, chegando à 9,49 cm; já o broto de feijão branco apresentou 7,65 cm de crescimento em 6 dias.

Vilas Boas et al. (2002), ao estudarem o comprimento de brotos de soja, observaram valores para a soja, variando de 4,3 cm (3 dias de germinação) à 9,8 cm (6 dias de germinação), e para os brotos de milho a variação foi de 3,74 cm (3 dias de germinação) à 12,47 cm (6 dias de germinação).

Ao estudar a germinação de 3 tipos distintos de brotos de feijão, Lima (2006) observou que do 2º ao 5º dia, o broto de feijão moyashi não apresentou diferença estatística, mas no último dia de germinação (6º), obteve o valor de 13,8 cm, com diferença estatística, porém o broto de feijão mungo preto não apresentou diferença estatística em nenhum dos dias de germinação, apresentando 3,17 cm no 2º dia de germinação e 17,20 cm no 6º dia, totalizando um crescimento de 14,03 cm; o broto de

feijão guandu-anão apresentou diferença estatística, crescendo 6,17 cm durante o período de germinação.

Para uma melhor aparência, os brotos não devem ser muito longos, nem muito curtos, caracterizando de 8 a 10 cm um tamanho satisfatório (OLIVEIRA et al., 2013).

Na tabela 2 apresenta-se a composição química e em relação às proteínas. O BBA (58,22) não apresentou diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) em relação ao BT (60,58). O BFM foi o que apresentou menor valor para proteínas (44,61), apresentando diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre todos os brotos avaliados. Oliveira et al. (2013) em um estudo com brotos de soja, observaram que os valores de proteína em brotos com 5 e 7 dias de germinação permaneceram inalterados, enquanto que quando avaliados no dia 6 os irrigados a cada quatro horas apresentaram maiores valores de proteínas, quando comparados aos que foram irrigados a cada 8 e 12 horas.

Cantelli et al. (2017) verificaram o teor de proteínas em amostras com base seca em todos os genótipos analisados de brotos de soja, e todos apresentaram elevação nos valores de proteína, isso ocorreu devido a síntese enzimática proteica, que alterou a composição dos componentes químicos (BARCELOS et al., 2002), nesse mesmo estudo a cultivar BRS 216 obteve o maior teor de proteínas, assim como para sementes e para os brotos.

Machado et al. (2009), ao analisarem a composição centesimal de 3 tipos de sementes e seus respectivos brotos, encontraram que os valores de proteína aumentaram de acordo com o tempo de germinação, apresentando o ápice no sexto dia de germinação. O broto com maior teor de proteínas foi o moyashi (40,18g) e o de guandu-anão o menor valor (36,70g). Mercali (2011), encontrou em brotos de girassol o valor de 3,11% de proteínas nas amostras em matéria seca.

Silva (2011), ao avaliar o teor de proteínas de 3 tipos de brotos de diferentes tipos de feijão, encontrou 32,15% de proteínas em brotos de feijão moyashi germinados no final de 6 dias, 29,23% no broto de feijão mulatinho e 29,23% no broto de feijão branco. Khalil (2006) relatou que a elevação do teor proteico com o processo de germinação, está relacionado com o teor de carboidratos que diminuem nesse período, por sua utilização através da germinação, como fonte energética. Chavan e Kadan (1989), ao verificarem o melhoramento nutricional de cereais através da germinação, observaram que a proteína elevava com o tempo de germinação e concluíram que isso se deve à perda de matéria seca, principalmente de carboidratos, por meio da respiração durante esse processo. As altas temperaturas de germinação por longos períodos,

também levaram à perdas elevadas de matéria seca e elevação no teor proteico.

Nunes et. al (2015) ao realizarem um estudo comparando as espécies de feijões utilizadas para o processo de germinação, observaram um teor maior de proteína em brotos de feijão moyashi (21,17g), mostrando que foi melhor consumi-los quando comparados aos de feijão azuki (17,81g de teor de proteína). Os brotos de feijão azuki apresentaram o maior teor de cálcio (360mg/100g), porém os de feijão moyashi apresentaram maior teor de ferro do que o azuki; os brotos de feijão azuki apresentaram maiores valores de taninos do que os de brotos de feijão moyashi. É importante ressaltar que taninos e fitatos em alimentos inibem a absorção alguns micronutrientes, como cálcio, zinco, ferro e até macronutrientes, como a proteína.

**Tabela 2 - Composição química dos brotos avaliados em base seca**

Parâmetros químicos (%)	Brotos			
	Trevo (BT)	Feijão moyashi (BFM)	Brócolis +alfafa (BBA)	Amaranto + alfafa (BAA)
<b>Proteínas</b>	60,58 <sup>a</sup> ± 0,94	44,61 <sup>c</sup> ± 1,92	58,22 <sup>ab</sup> ± 0,15	56,65 <sup>b</sup> ± 1,20
<b>Lipídios</b>	2,06 <sup>ab</sup> ± 0,41	1,27 <sup>b</sup> ± 0,24	6,73 <sup>a</sup> ± 2,57	5,04 <sup>ab</sup> ± 1,28
<b>Cinzas</b>	7,20 <sup>a</sup> ± 0,18	7,18 <sup>a</sup> ± 0,33	7,05 <sup>a</sup> ± 0,46	5,41 <sup>b</sup> ± 0,64
<b>Fibras</b>	15,70 <sup>a</sup> ± 0,90	7,92 <sup>c</sup> ± 0,73	13,43 <sup>b</sup> ± 0,25	14,21 <sup>ab</sup> ± 0,57

\*Média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelos resultados em base seca no teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Sobre os lipídios, os brotos BT e o BAA não apresentaram diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) quando comparados ao BFM, que mostra o menor valor de lipídios (1,27), enquanto que o broto BBA foi o que obteve maior valor (6,73), apresentando diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ) apenas em relação ao BFM. Oliveira et al. (2013) encontraram resultados decrescentes de lipídios, à medida em que aumentavam os dias de crescimento. O teor lipídico aumentou nos brotos de soja BRS 216 e das linhagens BRM09-10505 e BRM10-60599, avaliados por Cantelli et al. (2017), todavia, Oliveira et al. (2013) observaram que as quantidades de lipídios nas sementes também podem diminuir de acordo com o período de germinação, pois, sendo germinados por 5 dias, o teor de lipídeos foi maior e reduziu com mais dias de desenvolvimento e com menor volume de irrigação. Mercali (2011), avaliou o teor de lipídeos em brotos de girassol e encontrou 0,26%.

Vilas Boas et al. (2002) também notaram redução no teor lipídico de brotos de soja, de 18g para 10g em 100g em base seca, com uma elevação no período de crescimento de três para seis dias. Entretanto, ao analisarem o valor lipídico de feijões, Machado et al. (2009), observaram uma elevação da quantidade, conforme os dias de crescimento, sendo o broto de feijão guandu-anão o que obteve maior valor (2,33g), seguido do feijão moyashi (2,23g) e o mungo preto apresentou o menor valor dos três avaliados (1,57g). Lugo (2017), verificou que existiu diferença significativa entre as linhagens analisadas, variando os teores de 1,00 a 1,84%. A linhagem que apresentou maior conteúdo de lipídios foi a BRA-000027 (1,84%), a média do conteúdo de lipídios dos grãos foi de 1,06% e depois do processo de germinação, houve aumento de 33% na média ( $p \leq 0,05$ ) para a forma do broto. Esses resultados contraditórios, quando comparados à outros trabalhos, que apresentaram redução do teor lipídico de acordo com o aumento dos dias de germinação, pode ser explicado pelo possível uso de metodologias diferentes, assim como a manipulação (liofilização, desidratação em estufa convencional, temperaturas diferentes, etc.)

Silva (2011), ao analisar o teor lipídico de 3 tipos de brotos de feijão, encontrou um crescimento nos valores desse nutriente, ao fim de 6 dias o broto de feijão moyashi obteve um valor de 1,69%, o broto de feijão mulatinho, 1,66% e o broto de feijão branco 1,59%.

Ao se analisar as cinzas, foi observado diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), sendo o broto BAA o com menor teor (5,41), enquanto que os brotos BT, BFM e BBA apresentaram os maiores conteúdos de cinzas.

Rigo et al. (2015) e Cantelli et al. (2017) não observaram diferenças estatísticas nos teores de cinzas das sementes dos cultivares BRS 216 e BRS 267, porém nos brotos avaliados por Cantelli et al. (2017) houve elevação no teor de cinzas, quando comparados com as sementes. Machado et al. (2009), avaliaram o teor de cinzas dos três tipos de feijões estudados, o broto de feijão moyashi apresentou o maior valor (4,18g), quando comparado ao broto de mungo preto (3,65g) e broto de guandu-anão (3,70g). Lugo(2017), ao analisar diversas linhagens de feijão moyashi observou variação de 4,54 a 6,26% com diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as linhagens. As linhagens que apresentaram conteúdo maior foram: BRA-084654-1 (6,26%), BRA-084638 (6,25%), BRA-000027 (6,16%). Mercali (2011), ao analisar brotos de girassol, encontrou o valor de 0,61% de cinzas.

Machado et al. (2009), encontraram elevação dos valores de fibras de acordo

com o aumento dos dias de germinação. O grão de feijão moyashi apresentava 4,84g de fibras, com 6 dias de germinação o broto apresentou 21,54g; o grão de guandu-anão continha 8,89g e após os 6 dias de germinação apresentou 20,59g de fibras.

Ao analisar o teor de cinzas em diferentes tipos de brotos de feijões, Silva (2011) encontrou 4,57% no broto de feijão moyashi, 4,41% no broto de feijão mulatinho e 4,84% no broto de feijão branco. Fiori (2014) ao analisar brotos de lentilha germinados por 3 dias, não observou diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) nos valores de cinzas, conforme aumentou-se o tempo de germinação. Lima (2006), verificou que o teor de cinzas aumentaram em todos os brotos analisados, isso pode ser associado a composição da água em que os grãos foram embebidos, assim como a água borrifada durante todo o processo de germinação.

Sobre as fibras, os brotos com maiores teores de fibras foram BT (15,70) e BAA (14,21). O broto BAA não apresentou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado ao BT e ao BBA (13,43), o broto BFM teve o menor valor de fibras em relação aos demais (7,92).

## 7 CONCLUSÃO

No início do estudo esperava-se que o BFM apresentasse os melhores resultados, devido ao grão do feijão moyashi possuir maior valor calórico e um considerável teor de fibras, além de ser o mais conhecido e cultivado há milhares de anos.

Os diferentes tipos de brotos estudados apresentam composição físico-química variadas. Todos apresentaram comprimentos e peso similares, esse último com exceção do BFM que teve os maiores valores individuais.

O BT foi o que apresentou maior valor proteico e o BFM o menor valor quando comparado com os outros.

O BFM apresentou o menor teor de lipídios e o BBA o maior teor. Sobre o teor de cinzas e fibras novamente o BT demonstrou valores mais elevados do que os demais.

Ao contrário do que era esperado, ficou evidenciado que o BT mostrou-se superior em relação à sua composição química, quando comparado aos outros brotos estudados, inclusive ao de feijão moyashi que ao contrário do esperado obteve menor qualidade nutricional.

Acredita-se que os fatores antinutricionais tenham reduzido com o processo da germinação, é necessário que novos estudos sejam conduzidos para verificar essa informação e quais os fatores antinutricionais presentes em cada tipo de brotos.

Esse tipo de alimento que vem ganhando cada vez mais espaço no mercado e na alimentação da população, possui boa aceitação e tem ótimas características nutricionais, além de um custo que pode ser considerado adequado, levando em consideração os benefícios proporcionados. É necessário que se conheça as suas características físicas, químicas e também culturais para que o seu consumo seja mais estimulado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, Y.; ESTRELLA, I.; BENITEZ, V.; ESTEBAN, R. M.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. **Food Research International**, v. 44, p. 774-780, 2011.
- AMBROSANO, E.J. et al. **Produção de brotos comestíveis: feijão-mungo (*Vigna radiata*)** In: Anais da III Feira da Pequena Agroindústria, Serra Negra -SP, 26 a 28 de junho, 2003, p.125-135.
- A.O.A.C (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists ed. 18. Washington: AOAC, p.3000, 2007.
- BAENAS, N., SUÁREZ-MARTÍNEZ, C., GARCÍA-VIGUERA, C., MORENO, D. A. Bioavailability and new biomarkers of cruciferous sprouts consumption. **Food Research International**, v.100, p; 497-503, 2017.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Oligossaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as effect processing. **Journal Food Science**, USA, v.59, n. 4, p. 833-838, 1994.
- BARCELOS, M. F. P.; VILAS BOAS, E. V. B.; LIMA, M. A. C. Aspectos nutricionais de brotos de soja e de milho combinados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 4, p. 817-825, 2002
- BAU, H. M.; VILLAUME, C. H.; MÉJEAN, L. Effects of soybean (*Glycine max*) germination on biologically active components, nutritional values of seeds, and biological characteristics in rats. **Nahrung**, v. 44, n. 1, p. 02-06, 2000.
- BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- BENÍTEZ, V.; CANTERA, S.; AGUILERA, Y.; MOLLÁ, E.; ESTEBAN, R. M.; DÍAZ, M. F.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. **Food Research International**, v. 50, p. 64- 69, 2013.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. **New York: Plenum Press**, p. 367, 1985.
- BONGIOLO, G. T. **Produção de Brotos Comestíveis com Fonte Alternativa de Água no contexto da Agricultura Urbana**. Relatório de estágio curricular (Programa de Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- BORDINGNON, J.R.; IDA, E.L.; OLIVEIRA, M.C.N.; MANDARINO, J.M.G. Effect

of germination on the protein content and on the level of specific activity of lipoxygenase -1 in seedlings of three soybean cultivars. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v.45, n.3, p. 222-226, 1995.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v.9, p. 237-297, 1993.

CANTELLI, K.C. **Caracterização de linhagens de soja *Glycinemax* (L.) Merrill para produção de brotos**. 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI, Erechim, março de 2016.

CANTELLI, K. C., SCHMIDT, J. T., de OLIVEIRA, M. A., STEFFENS, J., STEFFENS, C., LEITE, R. S., CARRÃO-PANIZZI, M. C. Brotos de linhagens genéticas de soja: avaliação das propriedades físico-químicas. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4<sup>a</sup> edição. Jaboticabal: FUNEP. p. 588, 2000.

CHAVAN, J.K.; KADAN, S.S. Nutritional improvement of cereals by sprouting. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n.5, p.401-437, 1989.

CHERYAN, M.; RACKIS, J. J. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

DAL BOSCO, A., CASTELLINI, C., MARTINO, M., MATTIOLI, S., MARCONI, O., SILEONI, V., S. RUGGERI BENINCASA, P. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition. **Meat science**, v.106, p.31-37, 2015.

DE-LEON, L.; ELIAS L.G.; BRESSANI, R. Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristic of common beans. **Food Resource Int.** Canadá, v.25, n.2, p.131-136, 1992.

DELFINO, R.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade protéica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30. p.308-12, 2010.

DE RUIZ, A.S. C.; BRESSANI, R. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of *amaranth grain*. **Cereal chemistry**, v. 67, n. 6, p. 519-522, 1990.

DING, H., TONG-JEN, F., MICHELLE, A. "Microbial contamination in sprouts: how effective is seed disinfection treatment?." **Journal of food science**, v.78, n.4, p.491-501, 2013.

DUQUE, F.F; PESSANHA, G.G; QUEIROZ, P. H. S. Estudo preliminar sobre o comportamento de 21 cultivares de feijão mungo em Itaguaí, RJ. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n.6, p.587 – 592, junho, 1987.

- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006, 602 p.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, p.324, 2004.
- FERREIRA, R.A.S. Dossiê Soja. *Nutrição Brasil*. Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 177-186, 2002.
- FIORI, C.B. **Efeito da germinação de grão e temperatura de processamento na composição nutricional de dietas crudívoras**. Tese de Mestrado (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- FORDHAM, J. R.; WELLS C. E.; CHEN, L. H. Sprouting of seeds and nutrient composition of seeds and sprouts. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 3, p. 552-556, 1975.
- GUO, X.; TONG, L.; TANG, K.; HAI, R. Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 60, p.11050–11055, 2012.
- GHANI, M., KULKARNI, K. P., SONG, J. T., SHANNON, J. G., LEE, J. D. Soybean Sprouts: A Review of Nutrient Composition, Health Benefits and Genetic Variation. **Plant Breeding and Biotechnology**, v.4, p.398-412, 2016.
- GHAWI, S.K., METHVEN, L.; NIRANJAN, K. The potential to intensify sulforaphane formation in cookie broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) using mustard seeds (*Sinapis alba*). **Food Chemistry**, v.138, n.2, p.1734-141, 2012.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1.
- IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: [www.ipef.br/](http://www.ipef.br/). Acesso em 07 de março de 2017.
- JANG, H. W., MOON, J. K., SHIBAMOTO, T. Analysis and Antioxidant Activity of Extracts from Broccoli (*Brassica oleracea* L.) Sprouts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.63, 1169-1174, 2015.
- KHALIL, A.A. Nutritional improvement of na Egyptian breed of mung bean by probiotic lactobacilli. **African Journal of Biotechnology**, v.5, n.2, p.206-212, 2006.
- KHOKAR, S.; CHAUHAN, B.M. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. **Journal Food Science**, USA, v. 51, n.3, p.591-594, 1986.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.501-522, 2004.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p.745, 1982.

LABORIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, p.171-174, 1983.

LEE, T.M; JOON, J.; MYOUNG, L.M. Physical-chemical composition of broccoli sprouts **Journal of Life Science**, v. 19..n 2, p. 192-197, 2009.

LIENER, I.E. **Antitryptic and other antinutritional factors in legumes**. In: NUTRITIONAL. Improvement and Food Legumes by Breeding. New York, Protein Advisory Group of the United Nations System, ONU, p.239-258, 1973.

LIMA, A. L. de. **Produção de brotos de Fabaceae para o consumo humano**. p.117, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LÓPEZ-AMORÓS, M. L.; HERNÁNDEZ, T.; ESTRELLA, I. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 277- 283, 2006.

LOURES, N. T. P.; NOBREGA, L.H.P.; COLEHO, S.R.M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de brotos de lentilha da variedade Precoz. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 4, pág. 599-606, 2009.

LUGO, L. M. N. **Composição físico -química e atividade antioxidante em grãos integrais e brotos de linhagens de feijão mungo**, p. 89, 2017. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

MACHADO, A. L. de L.; BARCELOS, M.F.P.; TEIXEIRA, A.H.R.; NOGUEIRA, D.A. Evaluation of chemical compounds in *Fabaceae* sprouts for the human consumption. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 33, n. 4, p. 1071-1078, jul./ago. 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p.495, 2005.

MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; BRAZACA, S. G. C. Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011.

MARTON, M., MANDOKI, Z., CSAPO-KISS, Z., CSAPO, J. The role of sprouts in human nutrition. A review. **Acta Univ. Sapientiae**, v.3, p.81-117, 2010.

MARQUES, R. O; GONÇALVES, H. C.; MEIRELLES, P. R. L.; FERREIRA, R.P.F. **Brotos de alfafa para a alimentação humana**. Circular técnica 76, Embrapa, São Carlos, 2017.

MARQUEZI, M. **Caracterização de brotos de feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) obtidos após diferentes condições de germinação e secagem**. Tese (Doutorado em Ciências de

Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. p. 137, 01 de dezembro de 2016.

MATERA R.; GABBANINI S.; BERRETTI S., AMORATI R., NICOLA, G.R., IORI R., VALGIMIGLI L. Acylated anthocyanins from sprouts of *Raphanuss ativus* cv. Sango: Isolation, structure elucidation and antioxidant activity. **Food Chemistry**, n.166, p.397-406, 2015.

MERCALI, C.A. **Estudo do perfil fitoquímico, nutricional e atividades biológicas do broto de girassol (*Helianthus annuus L.*)**. p.109. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MIRANDA, M.Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado: características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.3, p. 216–223, set./dez., 2002.

NAKAYAMA, A. **Os brotos**. Editora Gaia. p.125, 1984.

NEUMANN, G.; PREISLER, M.; AZAIZEH, H.A.; ROMHELD, V. Thiamine (vitamin B1) deficiency in germinating seeds of *Phaseolus vulgaris L.* exposed to soaking injury. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 162, n.3, p. 295-300, 1999.

NUNES, J. V. D.; NÓBREGA, L.H.P., da CRUZ-SILVA, C.T.A; PACHECO, F.P. Comparison among beans species for food sprouts yield. **Biociência Jornal**, Uberlândia, v. 31, n. 6, p. 1682-1691, Nov./Dec, 2015.

OLIVEIRA, M. A.; CARRÃO – PANIZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G.; LEITE, R.S. Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, p. 34-41, v. 16, n. 1, jan./mar, 2013.

OLIVEIRA, M.A. Brotos de soja: produção, características nutricionais, análise sensorial e processamento. **Brazilian Journal Food Technology**. Londrina, janeiro de v.16, n.1, p.34-41, 2013.

PAJAK, P., SOCHA, R., GaALKOWSKA, D., ROZNOWSKI, J., FORTUNA, T. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. **Food chemistry**,143, 300-306, 2014.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. 2ª edição. Brasília, p.289, 1985.

QUINHONE, A.; IDA, E. I. Profile of the contents of different forms of soybean isoflavones and the effect of germination time on these compounds and the physical parameters in soybean sprouts. **Food chemistry**, v. 166, p. 173-178, 2015.

RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5ª edição, Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 477 – 496, 2001.

RIGO, A. A.; DAHMER, A. M.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; CARRÃO-PANIZZI,

M. C. Characterization of soybean cultivars genetically improved for human consumption. **International Journal of Food Engineering Berkeley**, v.1, p.1-7, 2015.

SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **LWT. Food Science and Technology**, v. 40, p. 116-120, 2007.

SHAMSUDDIN, A. M. Anti-cancer function of phytic acid. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 37, n. 7, p. 769-782, 2002

SILVA, F.L. **Avaliação físico-química em grãos de diferentes variedades de *Phaseolus vulgaris* L. in natura e germinados**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Nutrição) - Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, p.58, 2011.

SOUZA, E. L.; PINTO, I. C. S.; OLIVEIRA, M. E. G.; LIMA, M. A.; DONATO, N. R.; CAMBUIM, R. B. Fatores antinutricionais: elementos de interferência sobre a biodisponibilidade de nutrientes. **Higiene alimentar**, v. 19, n. 131, p. 19-23, 2005.

TANG, D., DONG, Y.; REN, H.; LI, L.; HE, C. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*). **Chemistry Central Journal**, v.8, n.4, 2014.

VALE, A.P.; CIDADE, H.; PINTO, M.M.; OLIVEIRA, B.P.P. Effect of sprouting and light cycle on antioxidant activity of *Brassica oleracea* varieties. **Food Chemistry**, n.165, p. 379-387, 2014.

VEN, C.; MATSER, A. M.; BERG, R. W. Inactivation of Soybean Trypsin Inhibitors and Lipoxygenase by High-Pressure Processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 4, p. 1087-1092, 2005.

VIEIRA, R.F.; NISHIHARA, M.K. Comportamento de cultivares do mungo verde (*Vigna radiata*) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.39, n. 221, p. 60 - 83, 1992.

VIEIRA, R. F.; LOPES, J. D. S. **Produção de Brotos Comestíveis: Feijão Moyashi, Alfafa, Trevo, Rabanete e Brócolis**. Viçosa: CPT, p.108, 2001.

VIEIRA, R.F.; PAULA JÚNIOR, T.J.; PERES, A.P.; MACHADO, J.C.; Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo branco no feijoeiro e incidência do patógeno nas sementes. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v.26, n.4, p.770-773, 2001.

VIEIRA, R. F. **Produção de brotos comestíveis**, 2016. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/producao-de-brotos-comestiveis>>. Acesso em: 26 junho 2017.

VILAS BOAS, E. V. B.; BARCELOS, M. F. P.; LIMA, M. A. C. Tempo de germinação e características físicas, químicas e sensoriais dos brotos de soja e de milho combinado nas formas isoladas e combinadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 148-156, 2002

XUE, Z.; WANG, C.; ZHAI, L.; YU, W.; CHANG, H.; KOU, X.; ZHOU, F. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Mung Bean (*Vigna radiata* L.), Soybean

(*Glycine max L.*) and Black Bean (*Phaseolus vulgaris L.*) during the Germination Process. **Czech Journal of Food Science**, v.34, 2016.

WANG, Y.D.; FIELDS, M.L. Germination of corn and sorghum in the home to improve nutritive value. **Journal of Food Science**, v.43, n.4, p.1113-1115, 1978.

WEISS, A., HERTEL, C., GROTHE, S., HA, D., HAMMES, W. P. Characterization of the cultivable microbiota of sprouts and their potential for application as protective cultures. **Systematic and applied microbiology**, n.30, p. 483-493, 2007.

YUYAMA, K. **Feijão Moyashi**. In: CARDOSO, M.O. (Coord.). Hortaliças não convencionais da Amazônia. Brasília: Embrapa - SPI/Manaus: Embrapa/CPAA, p.150, 1997.