



COMUNICADO
TÉCNICO

374

Passo Fundo, RS
Dezembro, 2020

Embrapa

Sistema simplificado para produção de brotos de soja: uma atividade econômica para pequenos empreendimentos

Keli Cristina Cantelli
Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi
Claudio Augusto Zakrzewski
Juliana Steffens
Jamile Zeni
Clarice Steffens

Sistema simplificado para produção de brotos de soja: uma atividade econômica para pequenos empreendimentos¹

¹ Keli Cristina Cantelli, engenheira de alimentos, doutora em Engenharia de Alimentos, ex-aluna da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS. Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi, engenheira-agrônoma, doutora em Ciências e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Claudio Augusto Zakrzewski, graduado em Física, mestre em Engenharia, professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS. Juliana Steffens, engenheira de alimentos, doutora em Engenharia Química, professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS. Jamile Zeni, química industrial de alimentos, doutora em Engenharia de Alimentos, professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS. Clarice Steffens, engenheira de alimentos, doutora em Biotecnologia, professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS.

Introdução

A soja é uma excelente fonte de nutrientes, com a proteína perfazendo cerca de 40% da matéria seca, e com adequado perfil de aminoácidos, segundo os padrões da FAO. Outro componente importante é o óleo, que corresponde a cerca de 20% da matéria seca, com teor de ácidos graxos polinsaturados da ordem de 85%. Além disso, contém vários micronutrientes incluindo cálcio, ácido fólico e ferro. Entretanto, a soja se destaca por ser boa fonte de isoflavonas, as quais são benéficas para a saúde humana, e fazem da soja ingrediente para alimentos funcionais. Embora o uso de soja seja mais popular nos países do oriente, seu consumo vem crescendo nos países do ocidente, tanto em relação aos produtos tradicionais

(farinha de soja, “kinako”, tofu e “leite”), como para os produtos processados que utilizam soja como ingrediente. O consumo de soja tem aumentado devido às técnicas adequadas de processamento que favorecem o sabor e a qualidade dos produtos alimentícios. Consumo direto de soja é tradicional em países asiáticos, os quais consomem extrato hidrossolúvel, tofu, grãos verdes ou imaturos (edamame) e brotos de soja, entre outros alimentos. Na Embrapa, tem sido conduzido melhoramento genético para obtenção de cultivares especiais para a alimentação humana, as quais deverão apresentar melhor sabor, grãos pequenos ou grandes para diferentes utilizações, reduzido teor de fatores antinutricionais, maior teor de proteína e de compostos bioativos (Carrão-Panizzi, et al., 2017; Carrão-Panizzi, 2018).

Em parceria com o Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI, Campus de Erechim, e com recursos de projeto Universal-CNPq (Processo 471593/2012-5), foi conduzido um estudo sobre produção de brotos de soja. Essa atividade é um empreendimento de baixo custo, que pode ser conduzido em espaço pequeno, não necessitando de solo e luz solar. O ciclo de produção é curto, pode ser realizado em qualquer época do ano e ser uma alternativa de renda para pequenos empreendimentos tanto rurais quanto urbanos (Joshi & Varma, 2016). A germinação de sementes de soja para consumo humano é uma prática milenar no Oriente que está sendo disseminada no Ocidente (Carrão-Panizzi et al., 2016). A semente germinada mantém cerca de 100% do teor de proteína da semente original, com melhor digestibilidade proteica e valor nutritivo. A germinação proporciona a mobilização dos componentes químicos da semente, reduzindo fatores antinutricionais, tais como inibidores de tripsina; promove a hidrólise de oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) os quais são causadores de flatulência; e aumenta a atividade da fitase reduzindo o teor de fitatos, os quais reduzem a disponibilidade de minerais di e trivalentes, como o cálcio, fósforo e zinco (Pimentel et al., 2005).

O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade da tecnologia do processo automatizado de produção de brotos de soja da Embrapa, a partir da simplificação do equipamento desenvolvido

por Oliveira e Carrão-Panizzi (2016a). A qualidade dos brotos obtidos com o sistema simplificado também foi verificada nas avaliações das características físico-químicas dos mesmos.

A cultivar BRS 216, desenvolvida pela Embrapa para produção de brotos de soja, foi utilizada nesse estudo, pois apresenta sementes pequenas (10 g/peso de 100 sementes), característica essencial para produção de brotos.

Sistema simplificado para produção de brotos

O sistema de produção de brotos de soja com algumas modificações foi construído conforme Oliveira e Carrão-Panizzi (2016a e 2016b) (Figura 1). O equipamento é constituído por um reservatório de água (volume total: 50 L, volume de água para a operação: 25 L), uma bomba centrífuga (Schneider®-modelo BC98, com pressão máxima 1,86 bar e vazão máxima de 5,5 m³.h⁻¹) comandada por um temporizador (Exatron®-modelo TMS0BC, com intervalo de temporização de 1 s). As “câmaras de germinação”/ crescimento (Figura 1a, b, c, d, e), cinco neste trabalho, eram lixeiras plásticas (capacidade 50 L) com tampas nas quais foram acoplados na parte superior interna os micro aspersores rotativos (Naandanjain®, modelo Green spin, com pressão máxima de 2 bar) (Figura 2a). A reposição de água no reservatório foi realizada manualmente através

de uma abertura na parte superior do mesmo (Figura 1f). Na parte inferior do reservatório foi colocado um registro de água que alimenta a bomba centrífuga (Schneider® - modelo BC98 com pressão máxima 1,86 bar e vazão máxima de $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) (Figura 1h), a qual envia a água pressurizada por uma mangueira até os micro aspersores rotativos. O tempo ou intervalo de aspersão foi definido pelo uso de um temporizador (Exatron® - modelo TMS0BC) (Figura 1g), o qual aciona a bomba centrífuga. Dentro de cada “câmara” lixeira, foi colocada uma peneira de aço inox Brinox® (18 mesh; de 20 cm de diâmetro e 07 cm de borda) (Figura 2b). Esta peneira onde são colocados os grãos de soja para germinação, facilita o escoamento do excesso de água de irrigação. A água aspergida sobre os grãos de soja, passa

pelas peneiras e escoar para o fundo das câmaras, saindo por um ralo colocado na parte inferior de cada unidade (lixeira). Para facilitar a saída da água das “câmaras de germinação”, essas foram montadas sobre uma bancada com elevação de 38 cm.

Uma estimativa de custo do equipamento simples está apresentada na Tabela 1, onde são listados materiais, quantidades, valores unitários e valores totais. Conforme levantamento realizado em 2020, são necessários em torno de R\$ 1.396,60 para a construção do sistema, que pode ser implantado por pequenos produtores e/ou agroindústrias.

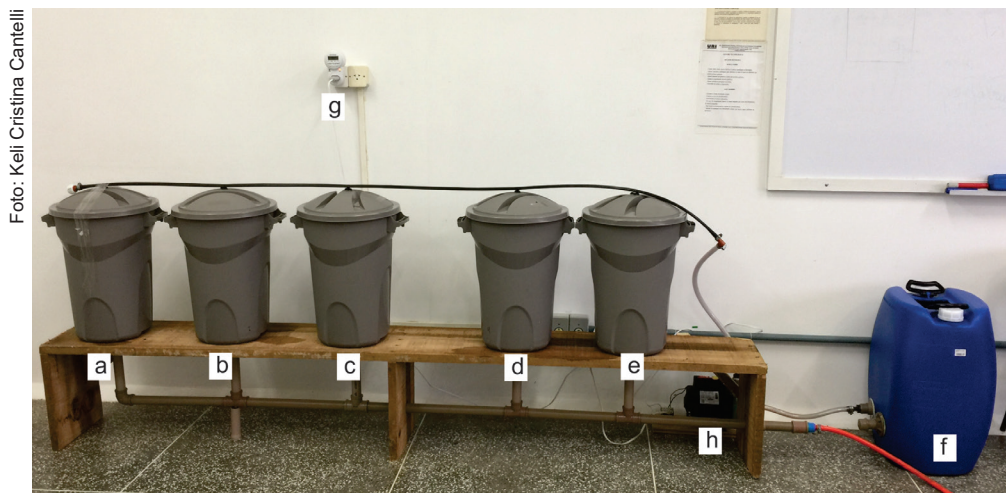
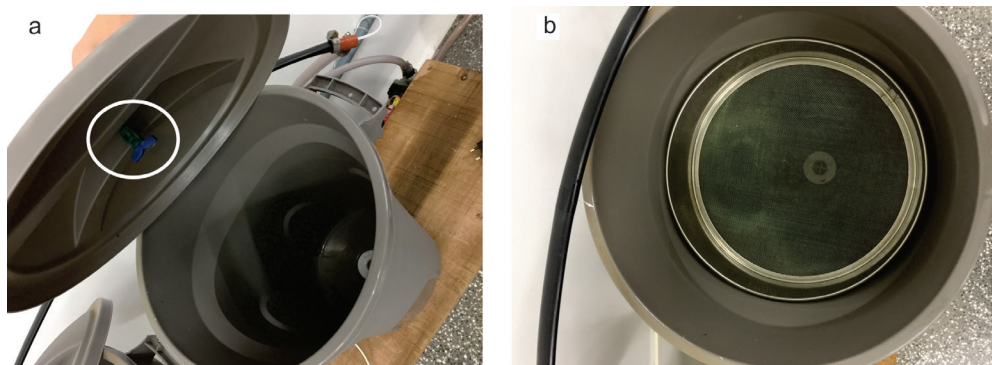


Figura 1. Equipamento simplificado para a produção de brotos. Onde: a, b, c, d, e = “câmaras de germinação”/crescimento; f = reservatório de água com capacidade de 50 L; g = temporizador programável; h = bomba centrífuga.



Fotos: Keli Cristina Cantelli

Figura 2. Interior da “Câmara de germinação”/crescimento com o micro aspersor de água na tampa (detalhe) (a) e peneira de aço inox Brinox® (18 mesh), onde são dispostos os grãos de soja para germinar (b).

Tabela 1. Custos dos materiais utilizados na construção de sistema simples para produção de brotos de soja, em 2020.

Material	Quantidade (un)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Bomba centrífuga	1	550,00	550,00
Reservatório de água	1	60,00	60,00
Temporizador	1	90,00	90,00
Recipientes plásticos com tampa	5	40,00	200,00
Micro aspersores rotativos	5	5,98	29,90
Mangueira	1	35,00	35,00
Canos de PVC	1	32,00	32,00
Peneiras de aço	5	40,00	200,00
Válvula para tanque	5	7,50	37,50
Abraçadeira metálica	8	3,80	30,40
Encaixes de PVC	8	3,90	31,20
Materiais elétricos	-	-	30,00
Suporte de madeira	1	70,00	70,00
Total R\$			1.396,60

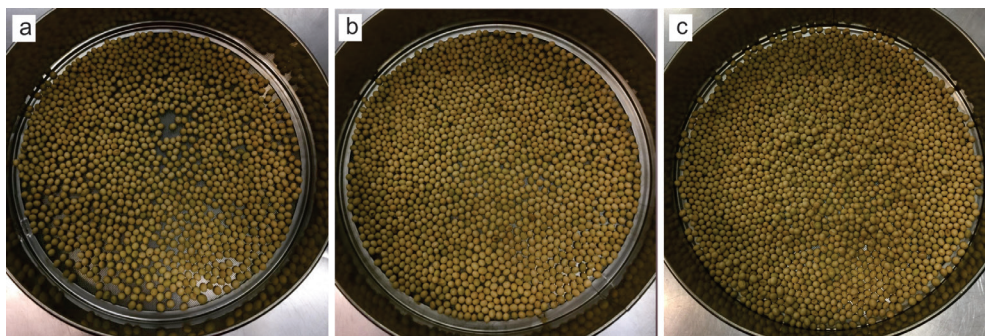
Avaliação das condições ideais para produção de brotos de soja de boa qualidade no sistema simplificado

Para definição das condições ideais para produção de brotos de soja no equipamento utilizado foram conduzidos testes preliminares com avaliação dos seguintes parâmetros: quantidade de grãos, tempo de maceração, frequência de irrigação, volume de água aspergida e tempo de germinação.

A primeira etapa no processo de produção dos brotos é a limpeza, retirando os grãos deteriorados (murchos e trincados) e sujidades (pau e pedras). O monitoramento da água potável utilizada é muito importante o que deve ser realizado por análises microbiológicas (presença de bactérias heterotróficas, coliformes totais, coliformes termo tolerantes).

Determinação da quantidade de sementes em relação ao tamanho das peneiras usadas nas “câmaras de germinação”/ crescimento

A quantidade de grãos disposta na peneira é um parâmetro importante para uma boa germinação, evitando deterioração dos mesmos. Dessa forma, é necessário que os grãos fiquem dispostos uniformemente no recipiente sem sobreposição. Para as peneiras de 20 cm de diâmetro utilizadas neste estudo foram avaliadas quantidades de 60 g, 80 g e 100 g de grãos da cultivar de soja BRS 216. Utilizando 60 g de grãos sobraram espaços vazios na peneira (Figura 3a). A quantidade ideal que propiciou distribuição uniforme para uma boa germinação foi 80 g de grãos em cada recipiente (Figura 3b). A quantidade de 100 g foi excessiva causando sobreposição dos grãos (Figura 3c). A eficiência da produção também depende da quantidade ideal de grãos com alta percentagem de germinação e vigor.



Fotos: Keli Cristina Cantelli

Figura 3. Distribuição dos grãos de soja no recipiente de germinação/crescimento dos brotos conforme as quantidades de 60 g (a), 80 g (b) e 100 g (c).

Avaliação do tempo ideal para maceração dos grãos antes da germinação

Para avaliar o tempo de maceração, 80 g de grãos foram sanitizados em béquer de 500 mL, por 4 minutos numa solução de 400 mL hipoclorito de sódio (Butterfly®) a 10%. Após a sanitização, os grãos foram imersos para macerar em 400 mL de água potável por períodos de 4, 6 e 8 horas. O tempo de maceração dos grãos deve ser determinado com cuidado, porque embebição em demasia pode romper as cascas, causando lixiviação dos conteúdos celulares, o que prejudica a capacidade de germinação (Castro & Hilhorst, 2004). Resultados dos testes de avaliação mostraram que 100 grãos macerados por 4, 6 e 8 horas, apresentaram percentagens de germinação de 79%, 91% e 82%, respectivamente. Ficando determinado

que 6 horas de maceração é um tempo ideal para se obter melhor germinação nos grãos. Posteriormente, para a produção dos brotos, 80 g de grãos drenados foram colocados em cada peneira na “câmara de germinação”/crescimento (05 recipientes-lixreira).








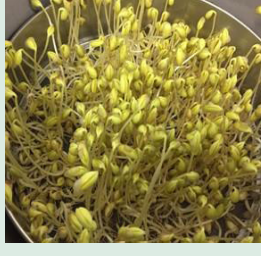

Definição da frequência de irrigação e volume de água aspergida

Para a avaliação da frequência e do volume de água de irrigação, 80 g de grãos de soja macerados por 6 horas, drenados e inseridos no sistema de produção de brotos, foram irrigados a cada 4, 8 e 12 horas, com aspersões de 20 mL, 25 mL e 30 mL de água, durante 120 horas de germinação. Resultados dessa avaliação (Tabela 2) mostraram que a frequência de irrigação de 12 horas permitiu bom desenvolvimento

dos brotos, enquanto que, frequências de 4 e 8 horas não foram eficazes, causando deteriorização de alguns grãos. A frequência de irrigação de 12 em 12 horas e o volume de água de aspersão de 20 mL, o qual equivale a 4 segundos de aspersão, foi a melhor condição para crescimento dos brotos.

Volumes de água de aspersão de 25 mL e 30 mL causaram deterioração nos grãos. O excesso de umidade é desfavorável para germinação, porque pode limitar o suprimento de oxigênio causando decomposição por fungos (Liu, 2008).

Tabela 2. Produção de brotos de soja irrigados em frequências de 4, 8 e 12 horas com volume de água de 20, 25 e 30 mL.

Frequência de irrigação (horas)	Volume de água de irrigação		
	20 mL	25 mL	30 mL
4 h			
8 h			
12 h			

Fotos: Keli Cristina Cantelli

Definição do tempo de germinação e crescimento dos brotos

O tempo de germinação foi avaliado em 96, 120 e 144 horas. Nas bandejas de crescimento foram colocados 80 g de grãos macerados por 6 horas, com irrigação a cada 12 horas, com o volume de água aspergida de 20 mL. Após a colheita, o comprimento (cm) de 50 brotos viáveis foi medido, em triplicata, com o auxílio de paquímetro (Starrett@ modelo Universal Série 125). Resultados da avaliação do tempo para crescimento mostraram que os brotos atingiram, em média, 7,35 cm em 96 horas, 8,75 cm em 120 horas e 11,23 cm em 144 horas. Com maior tempo de crescimento, há desenvolvimento de folhas, o que não é desejável. Portanto, nesse trabalho foi definido o tempo de crescimento de 120 horas, uma vez que o tamanho ideal dos brotos deve estar entre 7 cm e 9 cm, evitando o aspecto estiolado. O comprimento dos brotos aumenta em função crescente com os dias de germinação.

Rendimento

Em balança semi-analítica (Marte, modelo AL 500), foram pesados os brotos viáveis de cada bandeja, que cresceram conforme a melhor condição para produção de brotos analisada nesse trabalho. A partir de 80 g de

grãos de soja foram obtidos 151,32 g de brotos, estimando-se que 1 kg de grãos poderá render 1,891 kg de brotos, o que equivale a um rendimento de 189%. Oliveira et al. (2013) ao estudarem a produção de brotos de soja com a cultivar BRS 216 com 120 horas de germinação verificaram que 1 kg de grãos de soja produziu 1,429 kg de brotos. Esta diferença pode ser devido a uma série de fatores que afetam germinação e vigor das sementes, tais como, condições ambientais de produção, de colheita e armazenamento (Karr-Lilienthal et al., 2005; Santos, 2007; Minuzzi et al., 2009; Silva et al., 2010).

De acordo com os resultados obtidos, as condições para a produção de brotos utilizando esse sistema simplificado foram definidas e fixadas em: 80 g de grãos de soja para cada “câmara de germinação”/crescimento (Figura 4a); 6 h de maceração; irrigação de 12 em 12 h com 20 mL de água em aspersão; e período de crescimento de 120 horas (Figura 4b). Após a colheita (Figura 4c) e com o corte das raízes (Figura 4d), os brotos *in natura* apresentaram boa aparência visual.

Caracterização química dos grãos e dos brotos – material e métodos

Nos grãos e nos brotos *in natura* foram determinadas proteínas, lipídios,

cinzas, componentes minerais, atividade do inibidor de tripsina Kunitz, ácido fítico e atividade ureática.

Análises dos grãos: amostras moídas em moedor Cuisinart® (modelo DCG-20BKN) foram armazenadas à 8 °C, em refrigerador Cônsul (modelo Frost Free).

Análises dos brotos de soja: amostras embaladas com papel alumínio foram congeladas à -80 °C em ultrafreezer

Indrel® (modelo IUT 355D), liofilizadas por 48 h a aproximadamente -40 °C em liofilizador Edwards® (modelo Modulyo) e moídas em moedor Cuisinart® (modelo DCG-20BKN). As amostras dos brotos liofilizados foram colocadas em frascos plásticos com tampa e mantidos sob refrigeração à 8 °C, até momento de re-realização das análises. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para as análises químicas os valores de umidade dos grãos, e dos

Fotos: Keli Cristina Cantelli

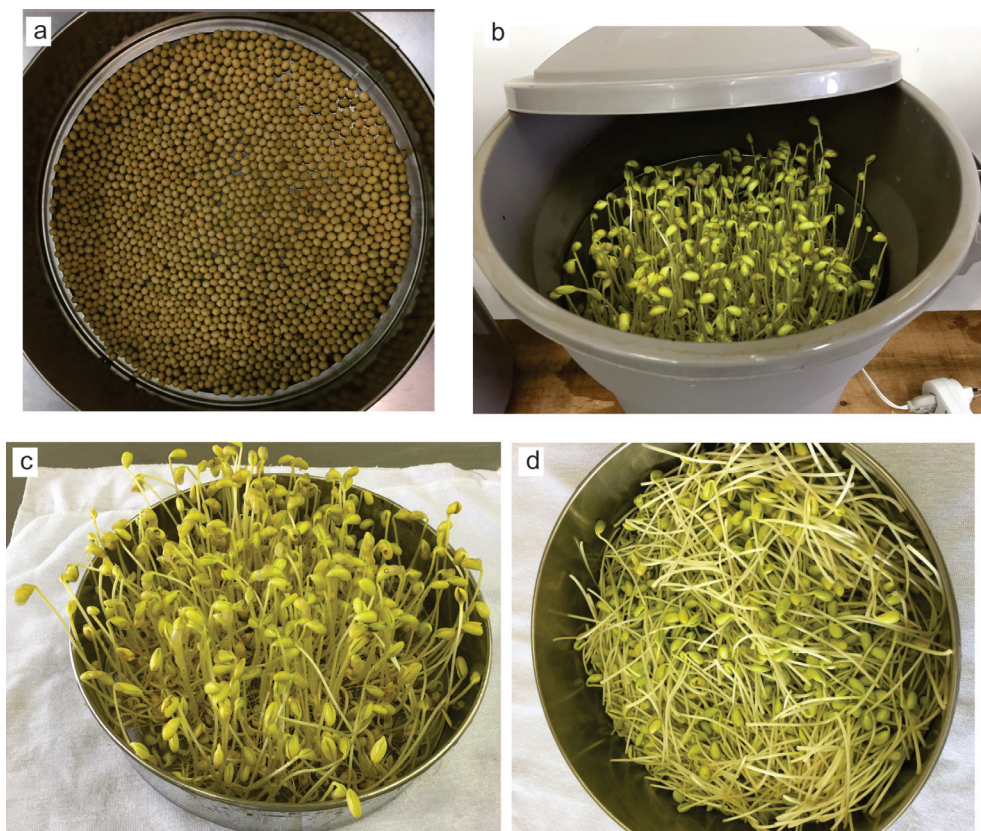


Figura 4. Desenvolvimento dos brotos de soja no sistema de “germinação”/crescimento: (a) 80 g de grãos de soja nas bandejas de germinação; (b) brotos em crescimento por 120 horas e irrigação de 12 em 12 horas; (c) brotos no ponto de colheita; (d) brotos de soja colhidos sem as raízes (d).

brotos liofilizados foram padronizados em 9,54% (extrato seco de 90,46%) e 5,26% (extrato seco de 94,74%), respectivamente.

Proteína: O teor proteico foi determinado pelo método de Kjeldahl, utilizando o sistema digestor-destilador (VELP – UDK 126 A) (Instituto Adolfo Lutz, 2008), com 1,0 g de amostra, com o fator de conversão para o teor de proteína de 6,25 (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, em base seca.

Cinzas: Os minerais totais foram determinados por calcinação das amostras em mufla (Lavoisier®, modelo 400C) a 550 °C por 6 h (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, em base seca.

Lipídios: A determinação de lipídios foi realizada por extração em Soxhlet (Nova Ética®, modelo NT340), utilizando éter de petróleo (Química Moderna® 30 °C-60 °C) como extrator (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, em base seca.

Minerais: Manganês (Mn), potássio (K), zinco (Zn), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe) e cálcio (Ca), foram quantificados por espectrometria de absorção atômica em chama – FAAS (Varian, modelo Spectron AA 5) seguindo metodologia descrita pela AOAC... (2005). Os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em base úmida.

Inibidor de tripsina Kunitz: Conforme metodologia de Kakade et al. (1974), a quantificação inibitória de tripsina foi

realizada por meio de ensaio enzimático utilizando-se o benzoil-DL-arginina-*p*-nitroanilida (BAPNA) (Sigma® - Pureza $\geq 98\%$) como substrato para a tripsina de pâncreas bovino. Alíquotas de 2 mL da solução diluída do extrato das amostras foram pipetados em 4 tubos de ensaio (3 tubos para determinação da atividade no extrato da amostra e 1 tubo para o branco) e 2 mL de água destilada no tubo para o padrão de tripsina. Os tubos foram acondicionados em banho-maria (Marconi® modelo MA126) à 37 °C, e em seguida adicionou-se 2 mL da solução de tripsina (0,02 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de HCl 0,001 N), com exceção do branco. Após 10 min foram adicionados 5 mL de BAPNA, 0,4 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de tampão Trisma pH 8,2 (contendo 2,95 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de cloreto de cálcio dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Neon, 99,0% - 105%), previamente aquecidos a 37 °C, deixando-se os tubos em banho-maria por 10 min. Em seguida, para interromper a reação, adicionou-se em todos os tubos 1 mL de ácido acético 30% (v/v) (Dinâmica, 99,7%). No tubo do branco adicionou-se mais 2 mL da solução de tripsina. As amostras foram filtradas em papel *Whatman* n° 3 (Jprolab®) e o filtrado foi utilizado para determinação dos teores do inibidor de tripsina em absorbância de 410 nm em espectrofotômetro (Spectro Vision® modelo DB-1880S). Os resultados foram expressos em mg de inibidor de tripsina Kunitz por g de amostra desengordurada, conforme a Equação:

$$\text{Inibidor de Tripsina Kunitz} \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{Abs padrão} - \text{Abs amostra}}{38 \times \text{peso da amostra}} \times 2500$$

Onde: Abs padrão = absorbância padrão; Abs amostra = absorbância da amostra; mg = miligramas

IT= Inibidor de Tripsina; g = gramas.

Ácido fítico: O ácido fítico foi determinado por cromatografia de troca iônica, segundo metodologia descrita por Latta e Eskin (1980), com modificações de Ellis e Morris (1986). 1 g de amostra moída, foi colocada em erlenmeyer de 125 mL, com adição de 10 mL de solução HCl 0,8 M, e submetida a agitação constante em agitador magnético (Velp Científica®) durante 2 horas. Em seguida, a solução foi centrifugada (centrífuga MPW®, modelo 351R), a 2000 rpm por 10 minutos para a obtenção do sobrenadante, do qual 2 mL foi transferido para balão volumétrico de 50 mL e completado o volume com água milli-Q. Em seguida foi preparada a coluna em seringa de vidro contendo no fundo 1 cm de lã de vidro e 0,50 g de resina (Dowex®, 1x4 chloride form), lavando com água milli-Q até que toda a resina ficasse uniforme no fundo da coluna, descartando a água utilizada. Posteriormente foi eluído 10 mL de NaCl 0,7 M (3 s/gota) e 10 mL de água milli-Q (3 s/gota). Para a análise foram eluídos cuidadosamente 2 mL da amostra diluída (5 s/gota), 10 mL NaCl 0,1 M (3 s/gota), os quais foram desprezados em béquer, e 10 mL NaCl 0,7 M (5 s/gota), coletado em béquer. O líquido coletado foi subdividido em 3 alíquotas de 3 mL que foram colocadas em tubos de ensaio, adicionando 1 mL do reativo de wade com agitação por 5 segundos

em agitador tipo “vórtex” (Phoenix®, modelo AP 56). As amostras foram ejetadas no espectrofotômetro (Spectro Vision® modelo DB-1880S) a 500 nm, e os resultados foram expressos em % (g.100 g⁻¹), através da Equação:

$$AF(\%) = ((ABSa - ABSw) \times Fd) / (M \times F \times 10000)$$

Onde: AF(%) = Porcentagem de ácido fítico; ABSa = absorbância amostra; ABSw = absorbância Wade; F = fator da curva (diferença ABS / concentração em ug); Fd = fator de diluição. M = massa da amostra, em g.

Atividade ureática: O índice de atividade ureática foi determinado segundo metodologia descrita por AOAC (2005). Inicialmente adicionou-se 0,2 g de amostra em um tubo de ensaio contendo 10 mL de ureia tamponada pH 7,0, seguido de homogeneização. O tubo de ensaio foi tampado e colocado em banho-maria (Marconi® modelo MA126) a 30 °C, por 30 min. Para o branco, ao invés da utilização da ureia tamponada pH 7,0, foi utilizado apenas solução tampão pH 7,0. Ambos os tubos (amostra e branco) foram retirados do banho-maria (Marconi® modelo MA126), e decantou-se o líquido sobrenadante em um recipiente (béquer) e medido os pH. A determinação da atividade ureática em grãos e brotos de soja baseia-se na variação de pH que ocorre em função da amônia que é liberada pela ação enzimática da urease.

Caracterização química dos grãos e dos brotos – resultados e discussão

Resultados das análises químicas nos grãos e nos brotos *in natura* da cultivar BRS 216 submetidos à análise de variância (ANOVA), e comparação de médias pelo teste de t-student, no nível de 95% de confiança, utilizando o *software Statistica 5.0* estão apresentados na Tabela 3.

A germinação proporciona aumento significativo nos teores de proteína, devido às sínteses enzimáticas e degradação de outros constituintes químicos (Barcelos et al., 2002; Martinez et al., 2011). Os brotos apresentaram 48,12 g.100 g⁻¹ em relação a 40,77g.100g⁻¹ observado nos grãos (Tabela 3). Tendência semelhante foi observado por Cantelli et al. (2017) quando brotos *in natura*, germinados por 96 horas apresentaram 47,70 g.100 g⁻¹. Oliveira et al. (2013) também observaram elevado teor de proteínas (47,90 g.100 g⁻¹) nos brotos germinados por 120 horas. Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2011), a soja é fonte proteica, se destacando de outras

Tabela 3. Teores de proteína, cinzas (minerais totais), lipídeos, ácido fítico, inibidor de tripsina Kunitz, atividade ureática e componentes minerais nos grãos e nos brotos *in natura* da cultivar de soja BRS 216.

Parâmetros analisados	Grãos*	Brotos <i>in natura</i> *
Proteína (g.100 g ⁻¹)	40,77b (±0,32)	48,12a (±0,29)
Cinzas (Minerais totais) (g.100 g ⁻¹)	4,54b (±0,22)	5,74a (±0,12)
Lipídeos (g.100 g ⁻¹)	18,61a (±0,31)	12,64b (±0,28)
Ácido Fítico (g.100 g ⁻¹)	1,62a (±0,27)	1,10b (±0,31)
Inibidor de Tripsina Kunitz (mg IT.g ⁻¹)	21,55a (±0,41)	15,23b (±0,21)
Atividade Ureática (pH)	2,34a (±0,28)	1,70b (±0,54)
Ca (mg.Kg ⁻¹)	175,43a (±0,21)	167,07b (±0,19)
Mg (mg.Kg ⁻¹)	248,32a (±0,19)	197,82b (±0,52)
K (mg.Kg ⁻¹)	935,28b (±0,41)	1.125,97a (±0,11)
Zn (mg.Kg ⁻¹)	2,91a (±0,38)	3,18a (±0,23)
Cu (mg.Kg ⁻¹)	1,34a (±0,37)	0,94a (±0,53)
Fe (mg.Kg ⁻¹)	14,11b (±0,08)	15,41a (±0,16)
Mn (mg.Kg ⁻¹)	2,89a (±0,36)	2,91a (±0,06)

Média (três repetições), ± Desvio Padrão, seguidas de letras iguais minúsculas na linha indicam não haver diferença significativa (Teste t-student, p≥0.05).

leguminosas quanto ao teor de proteína. Apresenta 36% de proteínas enquanto que o feijão preto tem 21,3%, a ervilha 7,5%, e o amendoim 27,2%.

Em relação ao teor de cinzas (minerais totais), entre grãos e brotos, os valores encontrados foram 4,54 g.100g⁻¹ e 5,74 g.100 g⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Valores mais elevados 6,53 g.100 g⁻¹, 7,55 g.100 g⁻¹ e 7,06 g.100g⁻¹, foram observados por Oliveira et al., (2013), respectivamente, para 120, 144 e 168 horas de crescimento e irrigação a cada 12 h na cultivar BRS 216.

Com a germinação ocorreu redução nos teores de lipídeos (Tabela 3). Como as plantas não dispõem de mecanismos de transporte de gorduras do endosperma, os triacilgliceróis armazenados nas sementes são metabolizados em carboidratos, que são transportados aos tecidos radiculares e órgãos aéreos da plântula (Taiz & Zeiger, 2004). Os valores de lipídeos encontrados para os brotos foram similares aos encontrados por Oliveira et al. (2013), que relataram valores de lipídeos de 18,1 g.100 g⁻¹; 16,5 g.100 g⁻¹; e 10,7 g.100 g⁻¹ de massa seca, em frequências de irrigação de 4, 8 e 12 horas, respectivamente, em 120 horas de germinação.

Os teores de ácido fítico nos grãos e brotos foram estatisticamente diferentes, sendo observados valores inferiores a 2%. De acordo com Kumar et al. (2005), esse composto pode atuar como fator antinutricional, interferindo na biodisponibilidade de minerais quando se encontra em altas concentrações (acima de 10%).

Entretanto, em concentrações reduzidas tem ação funcional, com benefícios para a saúde humana.

Os teores do inibidor de tripsina Kunitz encontrados nos grãos de soja foram 21,55 mg IT.g⁻¹. Com a germinação o teor se reduziu para 15,23 mg IT.g⁻¹ (Tabela 3). Por tratar-se de fator antinutricional, que interfere na digestão da proteína, a redução ou inativação desse composto é importante no processamento de alimentos à base de soja. Para melhor qualidade nutricional e utilização da soja como alimento, diferentes técnicas são usadas para inativar esses compostos, o que incluem tratamento térmico, fermentação e germinação (Bau et al., 1997; Gu et al., 2017).

A atividade ureática nos grãos foi 2,34 unidades de pH, o qual está em acordo com os valores de 2,0 a 2,5 citados por Lima et al. (2011). A atividade ureática foi reduzida em 25% com a germinação (2,34 nos grãos e 1,70 nos brotos *in natura*) (Tabela 3). Atividade ureática é uma análise indireta para determinação da atividade do inibidor de tripsina Kunitz, que é muito utilizada por ser mais fácil e rápida. Comparando os valores da atividade ureática e do inibidor, percebe-se essa tendência, sendo que a atividade ureática reduziu 27%, enquanto que a atividade do inibidor reduziu 29%. Ma et al. (2020) observaram em soja germinada sob radiação UV-B, por 96 horas, uma redução de 14% na atividade ureática

e de 39% na atividade do inibidor de tripsina.

Os resultados dos componentes minerais obtidos para os grãos de soja da BRS 216 estão próximos aos encontrados por Benassi e Prudencio (2013) em diferentes cultivares de soja. Com a germinação houve aumento nos teores de potássio e ferro (Tabela 3). Lima et al. (2009) também observaram aumento nos teores de potássio e ferro durante a germinação de grãos de feijão de 3 espécies (*Vigna radiata* (mungo-verde), *Vigna mungo* (mungo-preto) e *Cajanus cajan* (guandu-anão). Nos brotos, o potássio foi o mineral presente em maior quantidade (1.125 mg.Kg⁻¹). Quanto ao conteúdo de cálcio e magnésio, houve diferenças entre os grãos e brotos. Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), os valores para os minerais são semelhantes aos obtidos nesse trabalho.

Considerações finais

Este estudo demonstrou a viabilidade de construção de um sistema de baixo custo para produção de brotos, o qual pode ser implantado em pequenas propriedades e/ou agroindústrias. Com 80 g de grãos de soja para cada “câmara de germinação”/crescimento, macerados por 6 h, e com frequência de irrigação de 12 em 12 horas (20 mL de água aspergida), por 120 horas de crescimento obteve-se brotos com comprimento médio de 8,75 cm e rendimento de 189%. A germinação

alterou a composição química da soja, ocorrendo aumento significativo nos teores de proteína e minerais, e redução para os teores de lipídeos, inibidor de tripsina Kunitz, ácido fítico e atividade ureática. Essas modificações aumentam o valor nutricional da soja, o que torna os brotos ainda mais atrativos para o consumo de hortaliça nutritiva. A cultivar BRS 216 desenvolvida pela Embrapa é a única matéria prima disponível para esse produto, uma vez que apresenta sementes pequenas. O programa de melhoramento de soja para obtenção de cultivares especiais para alimentação humana da Embrapa continua atento no desenvolvimento de outras cultivares com essa característica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Projeto Universal - 471593/2012-5), CAPES (Fonte de financiamento 001), URI - Erechim pela infraestrutura e Embrapa Trigo.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18 th ed. Gaithersburg, MD: AOAC, 2005. 3000 p.
- BAU, H. M.; VILLAUME, C.; NICOLAS, J. P.; MÉJEAN, L. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 73, n. 1, p. 1-9, 1997. DOI 10.1002/(SICI)1097-0010(199701)73:1<1::AID-JSFA694>3.0.CO;2-B.

- BARCELOS, M. de F. P.; VILAS BOAS, E. V. de 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, jul./ago. 2002.
- BENASSI, V. de T.; PRUDENCIO, S. H. Impactos do processamento de soja na retenção de minerais, isoflavonas e proteínas em tofus. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, n. 1, p.51-59, jan./mar. 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91473/1/impactos.benassi.2013.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- CANTELLI, K. C.; SCHMITD, 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. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016074, 2017. DOI 10.1590/1981-6723.7416.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; OLIVEIRA, M. A. de; MANDARINO, J. M. G. Receitas com brotos de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 27 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158842/1/ID44043-2016FL8530receitasoja.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BERTAGNOLLI, P. F.; STRIEDER, M. L.; COSTAMILAN, L. M.; COSTA, L. C. da; CARAFFA, M.; RIFFEL, C. T.; OLIVEIRA, M. A. de; LEITE, R. S.; FELBERG, I.; MANDARINO, J. M. G.; MOREIRA, J. U. V.; OLIVEIRA, A. C. B. de. Melhoramento de soja para alimentação humana na Embrapa Trigo - safra agrícola 2016/2017. In: COSTAMILAN, L. M. (Ed.). **Soja: resultados de pesquisa 2016/2017**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. p. 23-28. (Embrapa Trigo. Documentos online, 171). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164781/1/ID44116-2017DO171p23.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. Soja hortaliça uma opção além da "commodity". In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 6., 2018, Gramado. **Desvendando mitos...** Porto Alegre: UFRGS; Campinas: sbCTA, 2018. Produção Sustentável de Alimentos, trab. 76. 6 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179895/1/ID44352-2018SSA6AC76.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. Parte 3, Cap. 9, p.149-162.
- ELLIS, R.; MORRIS, E. R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 1, p. 58-59, Jan. 1986. Disponível em: http://online.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1986/Documents/chem63_58.pdf. Acesso em: 23 nov. 2020.
- GU, E. J.; KIM, D. W.; JANG, G. J.; SONG, S. H.; LEE, J. I.; LEE, S. B.; KIM, H. J. Mass-based metabolomic analysis of soybean sprouts during germination. **Food Chemistry**, v. 217, p. 311-319, Feb. 2017. DOI 10.1016/j.foodchem.2016.08.113.
- Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.
- JOSHI, P.; VARMA, K. Effect of germination and dehulling on the nutritive value of soybean. **Nutrition and Food Science**, v. 46, n. 4, 2016. DOI 10.1108/NFS-10-2015-0123.
- KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 376-383, 1974.
- KARR-LILIENTHALA, L. K.; KADZEREB, C. T.; GRIESHOPC, C. M.; FAHEY JR, G. C. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 97, n. 1, p. 1-12, Oct. 2005. DOI 10.1016/j.livprodsci.2005.01.015.
- KUMAR, V.; RANI, A.; RAJPAL, S.; SRIVASTAVA, G.; RAMESH, A.; JOSHI, O. P. Phytic acid in Indian soybean: genotypic variability and influence on growing location. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 9, p. 1523-1526, June 2005. DOI 10.1002/jfsa.2151.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 313-315, 1980. DOI 10.1021/jf60232a049.
- LIU, K. Food use of whole soybeans. In: LAWRENCE, A. J.; WHITE, P. J.; GALLOWAY,

R. (Eds.) **Soybeans Chemistry, Production, Processing, and Utilization**. Urbana: AOCS Press, 2008. Chap. 14, p. 441-481. DOI 10.1016/B978-1-893997-64-6.50017-2.

LIMA A. L. de M.; BARCELOS, M. de F. P.; TEIXEIRA, A. H. R.; ALVES, D. N. Avaliação de componentes químicos em brotos de Fabaceae para o consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, jul./ago. 2009. DOI 10.1590/S1413-70542009000400018.

LIMA, M. R. de; MORAIS, S. A. de N.; COSTA, F. G. P.; PINHEIRO, S. G.; DANTAS, L. da S.; CAVALCANTE, E. L. Atividade Ureática. **Revista eletrônica Nutritime**, v. 8, n.5, art. 145, p.1606-1611, set./out. 2011.

MA, M.; ZHANG, H.; XIE, Y.; YANG, M.; TANG, J.; WANG, P.; GU, Z. Response of nutritional and functional composition, anti-nutritional factors and antioxidant activity in germinated soybean under UV-B radiation. **LWT Food Science and Technology**, n. 118, Jan. 2020. DOI 10.1016/j.lwt.2019.108709.

MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; BRAZACA, S. G. C. Alterações químicas em grãos de soja durante a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 23-30, jan./mar. 2011. DOI 10.1590/S0101-20612011000100004.

MINUZZI, A.; RANGEL, M. A. S.; BRACCINI, A. de L. e; SCAPIM, C. A.; MORA, F.; ROBAINA, A. D. Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 80-93, jul./ago. 2009. DOI 10.1590/S1413-70542009000400015.

OLIVEIRA, M. A. de; CARRÃO-PANIZZI, 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. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 34-41, jan./mar. 2013. DOI 10.1590/S1981-67232013005000009.

OLIVEIRA, M. A. de; CARRÃO-PANIZZI, M. C. Equipamento para produção de brotos de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2016. Folder. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142465/1/Folder-Broto-soja-copy.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

OLIVEIRA, M. A. de; CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Tecnologia para produção de brotos de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 90). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142184/1/comunicado-tecnico-90-OL.brotos.pdf>. Acesso em 23 nov. 2020.

PIMENTEL, C. V. de M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2005. 95p.

SANTOS, T. B. A. dos. **Qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas na cidade de Campinas/SP**. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Campinas, p.110, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/254597>. Acesso em 23 nov. 2020.

SILVA, C. O. da; ANDRADE, G. F.; DANTAS, M. I. de S.; COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. do C. G.; FONTES, E. A. F.; MARTINO, H. S. D. Influência do processamento na qualidade protéica de novos cultivares de soja destinados à alimentação humana. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 389-397, maio/jun. 2010. DOI 10.1590/S1415-52732010000300007.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ª ed. Campinas, SP: Unicamp, 2011. Disponível em: <http://www.nepa.unicamp.br/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Acesso em: 23 nov. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 719 p., 2004.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 294
Caixa Postal 3081
99050-970 Passo Fundo, RS
Telefone: (54) 3316-5800
Fax: (54) 3316-5802
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digital - PDF (2020)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Trigo

Presidente

Gilberto Rocca da Cunha

Vice-Presidente

Luiz Eichelberger

Secretária

Marialba Osorski dos Santos

Membros

*Alberto Luiz Marsaro Júnior, Alfredo do
Nascimento Junior, Ana Lídia Variani Bonato,
Elene Yamazaki Lau, Fabiano Daniel De Bona,
Gisele Abigail Montan Torres, Maria Imaculada
Pontes Moreira Lima*

Normalização bibliográfica

Rochelle Martins Alvorcem (CRB 10/1810)

Tratamento das ilustrações

Márcia Barrocas Moreira Pimentel

Editoração eletrônica

Márcia Barrocas Moreira Pimentel

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Foto da capa

Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi