



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL DE SEMENTES
DE *Brachiaria brizantha*

Thiago Ricardo Peixoto

BRASÍLIA - DF
OUTUBRO DE 2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL DE SEMENTES
DE *Brachiaria brizantha*

Thiago Ricardo Peixoto

PROJETO FINAL DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

Orientador: Samuel Martin

BRASÍLIA - DF
OUTUBRO DE 2012



DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL DE SEMENTES
DE *Brachiaria brizantha*

Thiago Ricardo Peixoto

PROJETO FINAL DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Samuel Martin, Dr.

FAV – UnB - Orientador

Prof. João Batista Soares

FAV – UnB - Examinador

Prof. Julcéia Camillo, Dra.

Examinador externo

BRASÍLIA DF
OUTUBRO DE 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

PEIXOTO, THIAGO RICARDO. Determinação da Velocidade Terminal de Sementes de *Brachiaria brizantha*. Brasília, 2012. Orientação de Samuel Martin. Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 30 p.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEIXOTO, T. R. Determinação da Velocidade Terminal de Sementes de *Brachiaria brizantha*. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília; Monografia de Conclusão de Curso. 2012, 30 p.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome dos autores: Thiago Ricardo Peixoto

Título do trabalho de conclusão de curso (Graduação):

Determinação da Velocidade Terminal de Sementes de *Brachiaria brizantha*. Grau: Engenheiro Agrônomo Ano: 2012.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

Thiago Ricardo Peixoto

CEP: 70.904-109 – Brasília DF - Brasil

E-mail: t_r_peixoto@hotmail.com

“Dedico este trabalho a memória de meu avô Rui Alves Peixoto, meus pais e irmãos, e à minha namorada Sarah Damiani. Todos indispensáveis em minha vida, ajudando, ensinando e apoiando com paciência, carinho e compreensão, vibrando comigo por cada superação nos momentos difíceis. E mesmo que não esteja mais aqui, é por meu eterno ídolo que realizo mais essa conquista.”

Thiago Ricardo Peixoto.

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu a realização deste trabalho com sucesso e saúde; a meus pais José Ricardo e Rose que colaboraram para com a minha formação e paixão pelo curso de Engenharia Agrônômica; a meus irmãos Iago, Denny, Dayene e Thaísa que estiveram ao meu lado incondicionalmente; minha namorada Sarah Damini por toda força e imensurável ajuda para realização deste trabalho; meu pequeno Lorenzo Peixoto Barbosa que me incentiva a ser uma pessoa melhor.

Agradeço também ao meu orientador, o Professor Samuel Martin pela imensa ajuda e atenção, ao Professor Ivano pela oportunidade oferecida; a todos os amigos de curso: Bernardo e João, Kaxaça e Bruno, Aureliano, Gaúcho e tantos outros que incentivaram, auxiliaram e atrapalharam de forma prazerosa; aos professores, pelo companheirismo e dicas, e um grande obrigado à professora e amiga Julcéia Camillo, João Gilberto e aos funcionários da secretaria da FAV que tanto me ajudaram.

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| LISTA DE ANEXOS..... | vi |
| LISTA DE FIGURAS..... | vii |
| LISTA DE TABELAS..... | viii |
| RESUMO..... | ix |
| 1 - INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | |
| 2.1 – O gênero <i>Brachiaria</i> | 12 |
| 2.2 – Caracterização das cultivares..... | 13 |
| 2.2.1 – Cultivar Xaraés..... | 13 |
| 2.2.2 – Cultivar Marandu..... | 14 |
| 2.3 – Colheita e beneficiamento..... | 14 |
| 2.4 – Propriedades físicas dos grãos..... | 15 |
| 2.4.1 – Velocidade Terminal..... | 16 |
| 3 – MATERIAL E MÉTODOS..... | 18 |
| 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 21 |
| 5 – CONCLUSÕES..... | 25 |
| 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 26 |

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Resumo da Análise de Variância. UnB, Brasília, DF 2012..... | 30 |
| Anexo 2. Resumo da Análise de Variância do desdobramento de Cultivares dentro de cada nível de Teor de Água. UnB, Brasília, DF 2012..... | 30 |
| Anexo 3. Resumo da Análise de Variância do desdobramento de Teor de Água dentro de cada Cultivar. UnB, Brasília, DF 2012..... | 30 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Número de Reynolds versus CR_e^217
- Figura 2.** Desenho esquemático do Determinador de Velocidade Terminal utilizado para a determinação da velocidade terminal experimental dos grãos de *Brachiaria*.....19
- Figura 3.** Gráfico de valores de velocidade terminal experimental e velocidade terminal calculada em função do teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés. UnB, Brasília, DF 2012.....23
- Figura 4.** Gráfico de valores de velocidade terminal observada e velocidade terminal calculada em função do teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.23
- Figura 5.** Gráfico de valores de velocidade terminal média observada e velocidade terminal calculada em função do teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e cv. Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.....24

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Efeito da cultivar sobre a média da velocidade terminal de sementes de diferentes cultivares de *Brachiaria brizantha*. UnB, Brasília, DF 2012.....21
- Tabela 2.** Efeito da umidade sobre a média da velocidade terminal de sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés e *Brachiaria brizantha* cv Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.....22
- Tabela 3.** Efeito da umidade e da cultivar sobre a velocidade terminal de sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés e *Brachiaria brizantha* cv Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.....22

RESUMO

Durante o processo de beneficiamento de sementes, muitos dos equipamentos envolvidos utilizam o ar para transportar o produto ou separar impurezas. Assim, o conhecimento das propriedades aerodinâmicas dos produtos agrícolas é essencial para permitir dimensionamento e aperfeiçoamento desses equipamentos. Nesse sentido, objetivou-se com o presente trabalho, determinar a velocidade terminal das sementes de *Brachiaria brizantha* cultivares Xaraés e Marandu em função de diferentes teores de água. As sementes foram dessecadas até alcançarem cinco diferentes níveis de teores de água (20, 18, 16, 14 e 12% b.u.) e fazendo-se uso de um determinador de velocidade terminal, sementes foram submetidas a um fluxo de ar ascendente até que observasse que as forças que agem sobre a semente em queda livre se anulassem, e como resultado a semente flutuasse no fluxo de ar. As velocidades foram medidas com um anemômetro e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Maiores valores de velocidade terminal foram encontrados a medida que se aumentava o teor de água das sementes, que ocorreu para as duas cultivares, obedecendo uma progressão linear de velocidade x teor de água.

Palavras-chave: propriedades aerodinâmicas, Marandu, Xaraés.

INTRODUÇÃO GERAL

A importância das variedades melhoradas de plantas cultivadas está associada à disponibilidade de sementes aos produtores, com alta pureza varietal, boa germinação, livres de sementes de plantas silvestres e em quantidade adequada. Mas para isso, é fundamental que a etapa de beneficiamento de sementes seja feita com o máximo rigor possível (VAUGHAN et al., 1980). Muitos dos equipamentos utilizados para o beneficiamento utilizam o ar para separar, ou transportar o produto desejável das impurezas. Por isso, o conhecimento das propriedades aerodinâmicas dos produtos agrícolas é essencial para auxiliar no projeto e dimensionamento dos equipamentos utilizados nas operações de colheita e pós-colheita (SILVA et al., 2003).

Dentre as propriedades aerodinâmicas das sementes, a velocidade terminal é uma informação essencial para o correto uso de máquinas que utilizam um fluxo de ar para separar os grãos das impurezas, tais como, palha, sementes silvestres e folhas (MOHSEININ, 1986). De acordo com Vaughan et al. (1980), em geral, o fator determinante para a separação de impurezas é o peso, desde que as sementes da mistura possuam o mesmo formato e volume.

Mohsenin (1986) descreve a velocidade terminal como um fenômeno simples, sendo um objeto em queda livre imerso em uma corrente de ar ascendente. Esse objeto, caso possua densidade inferior à do material, está sujeito à ação de três forças: a força gravitacional, a força devido ao empuxo do fluido e a força de resistência ao arraste do material; no momento em que essas grandezas vetoriais se equilibram, o objeto passa a deslocar-se com velocidade constante, denominada velocidade terminal.

A determinação da velocidade terminal das sementes, de acordo com De Baerdemaeker & Segerlind (1974), apud Magalhães (2003), pode ser realizada colocando-se os materiais para flutuar em uma corrente ascendente de ar. A velocidade necessária para o equilíbrio do material no fluxo de ar constante é igual à velocidade terminal do produto. Diversos estudos realizados em produtos agrícolas relatam que, a velocidade terminal é dada em função do teor de água do produto (JOSHI et al., 1993; SUTHAR & DAS, 1996; GUPTA & DAS, 1997; NIMKAR & CHATTOPADHYAY, 2001; BARYEH, 2002).

O efeito da velocidade terminal na separação das impurezas contidas em amostras de trigo, milho e soja foi relatado por Uhl & Lamp (1966), que encontraram as faixas de velocidade do ar determinadas para a separação pneumática de 5,79-9,14;

7,92-12,80 e 9,14-18,29 m s⁻¹ para milho, trigo e soja, respectivamente. Os autores constataram também perdas de grãos de milho ao utilizarem um único fluxo de ar no processo de separação das impurezas, sendo que para o trigo e a soja houve separação completa.

Tendo em vista que a velocidade terminal é uma propriedade aerodinâmica importante no dimensionamento e operação de equipamentos de pré-limpeza e limpeza de sementes e que há pouca informação disponível sobre o beneficiamento de grãos de *Brachiaria*, este trabalho objetiva determinar a velocidade terminal experimental para sementes de *Brachiaria brizantha* cultivares Xaraés e Marandu, em função de diferentes teores de água.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O gênero *Brachiaria*

As gramíneas do gênero *Brachiaria* têm como centro de origem o leste da África, ocorrendo naturalmente nas savanas africanas (IBPGR, 1984). O gênero compreende cerca de 90 espécies de grande diversidade morfológica e fenológica (CLAYTON & RENVOIZE, 1982).

O gênero *Brachiaria* apresenta plantas herbáceas, eretas ou prostradas, anuais ou perenes, rizomatozas ou não, comumente emitindo raízes adventícias a partir dos nós em contato com o solo. A bainha foliar é glabra ou pilosa, normalmente excedendo a dimensão dos internódios. A lígula é branca e hialina, formada por um curto anel membranáceo; lâmina foliar em geral desenvolvida, lanceolada, de ápice acuminado, glabra ou pilosa (LEITÃO FILHO, 1977).

A inflorescência é paniculiforme, em geral formada por racemos unilaterais, nos quais se inserem as espiguetas sésseis ou pediceladas; a ráquis é triangular, angulada ou alada, glabra ou ciliada nas bordas. As espiguetas são solitárias ou aos pares, com a primeira gluma voltada em direção à ráquis da inflorescência, o que identifica o gênero (LEITÃO FILHO, 1977).

As sementes de *B. brizantha* apresentam algum grau de dormência após a colheita (RENARD & CAPELLE, 1976). Sementes colhidas por varredura não apresentam essa dormência, possivelmente devido à exposição a variações de temperatura ou ação de ácidos orgânicos do solo (SOUZA, 1991). No entanto, sementes colhidas no cacho geralmente têm essa dormência quebrada durante o processo de armazenamento (ANDRADE, 1994).

Utilizadas como espécies forrageiras desde a década de 1950, o gênero foi introduzido no Brasil no ano de 1980, onde apresentou excelente adaptação a solos pobres e ácidos, resultando em forragem farta, de bom valor nutricional e com abundante produção de sementes, principalmente em regiões de clima quente (ZIMMER et al., 1988). As pastagens de braquiárias ocupam a maior área de pastagens cultivadas destinadas à bovinocultura no Brasil (FONSECA et al., 2010).

Segundo SOARES FILHO (1994) a braquiária é empregada em larga escala pelos pecuaristas nas fases de cria, recria e engorda de animais e atualmente, tem

ocupado as áreas das pastagens nativas, sendo o capim mais plantado no Brasil, principalmente como alternativa para as áreas secas e quentes do cerrado.

A partir da espécie *Brachiaria brizantha*, o melhoramento genético produziu diversas cultivares, entre elas as cultivares Xaraés e Marandu, ambas bem adaptadas aos solos ácidos, encontrados no cerrado (WENZL et al., 2002) e possuem alta produtividade, especialmente de folhas e tolerantes à cigarrinha das pastagens. Mas apesar do capim Marandu ser mais difundido, 80% das pastagens, segundo Valle et al.(2010), o capim Xaraés possui atributos como rápida rebrota e florescimento tardio que prolonga o período de pastejo nas águas, valor nutritivo e capacidade suporte, portanto maior produtividade animal que a cultivar Marandu.

Caracterização das cultivares

Cultivar Xaraés

É originária da África Equatorial e no Brasil foi testada e liberada pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária) no ano de 2003, após 15 anos de avaliações. Caracteriza-se por ser uma planta cespitosa, com até 1,5 m de altura, folha lanceolada e longa, com poucos pelos e de coloração verde escuro. Os colmos são finos e radicantes nos nós e as inflorescências são grandes, com espiguetas em uma só fileira. A cultivar é pentaplóide com 45 cromossomos e irregularidades na divisão meiótica, que reduzem a viabilidade do pólen para cerca de 79% (VILELA, 2005).

As plantas desta cultivar possuem digestibilidade e palatabilidade satisfatórias, mas seus principais atributos positivos são a alta produtividade, especialmente de folhas, rápida rebrota e florescimento tardio, prolongando o período de pastejo nas águas, além do valor nutritivo e alta capacidade de suporte, resultando em maior produtividade animal que outras cultivares da mesma espécie (VILELA, 2005).

Requer precipitação pluviométrica de 800 mm ano⁻¹, possui um teor de proteína na matéria seca de 13% no verão e 6% no inverno, capacidade de produzir 23 toneladas de MS ha⁻¹ ano⁻¹, recomenda-se que o plantio das sementes seja realizado em solos de alta fertilidade durante a estação chuvosa a uma profundidade de 2 cm (VILELA, 2005).

Cultivar Marandu

O capim marandu foi lançado como cultivar em 1984 pelo centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC-Embrapa) em parceria com o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC-Embrapa), como alternativa para diversificação das áreas de pastagens (NUNES et al., 1985).

Morfologicamente, são plantas cespitosas, robustas, variando entre 1,5 e 2,5 m de altura, afilhos predominantemente eretos, rizomas curtos e encurvados. Colmos floríferos eretos, frequentemente com nós superiores que leva à proliferação de inflorescências. Possui pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas com margens não cortantes, raque sem pigmentação arroxeadada e espiguetas ciliadas no ápice (Valls & Sendusky, 1984, citado por NUNES et al., 1985).

Colheita e beneficiamento

A colheita de sementes de *Brachiaria* pode ser “do cacho” ou “do solo”. Cada método possui suas vantagens e desvantagens, sendo em ambos, o grau de impurezas uma desvantagem (ANDRADE, 1994). No caso de sementes colhidas diretamente do cacho pode existir um alto número de sementes inviáveis devido a desuniformidade da emissão de inflorescências (SOUZA & RAYMAN, 1981). Já as sementes coletadas diretamente do solo, estão em estado de maturação fisiológica pleno, mas apresentam alto grau de impurezas devido ao processo de coleta que consiste na varrição do solo junto com as sementes (SILVA FILHO & CARDOSO, 1981).

O beneficiamento é parte essencial na tecnologia de produção de sementes de alta qualidade e refere-se, a todas as etapas de pós-colheita para preparação da semente visando a sua comercialização (VAUGHAN, 1980). O beneficiamento das sementes de gramíneas forrageiras é realizado da mesma forma que o tradicional beneficiamento de outras sementes graníferas, com pré-limpeza, uso de máquinas de ar e peneiras e mesas de gravidade (MATSUMOTO, 1990).

De acordo com Vaughan (1980), a qualidade do produto final, desconsiderando-se as características hereditárias, está diretamente relacionada com a capacidade do beneficiador em remover impurezas e sementes de má qualidade. Para tanto, os separadores de ar são amplamente utilizados nos sistemas de limpeza como máquinas unitárias ou incorporados a outras máquinas que compõem sistemas de limpeza.

Os separadores a ar são desenhados para efetuar separações baseadas em diferenças de características ou propriedades entre a semente beneficiada e seus contaminantes. Essa propriedade ou característica é denominada velocidade terminal, ou seja, é a velocidade máxima que um objeto atinge em queda livre, quando a resistência do ar evita maior aceleração. No entanto, no beneficiamento de sementes, o ar é soprado contra uma massa de sementes, e a velocidade terminal é equivalente à velocidade do ar requerida para que as sementes beneficiadas fiquem suspensas na coluna de ar ascendente (VAUGHAN, 1980).

Como a impureza afeta diretamente o valor cultural de um lote de sementes, o estudo de propriedades aerodinâmicas são relevantes por permitirem o aperfeiçoamento dos processos de beneficiamento que visem eliminar as impurezas. A escolha das cultivares para este trabalho se deve a sua importância no atual cenário da bovinocultura de corte a pasto. Tais dados permitem o aprimoramento de máquinas que realizem a operação das sementes que são comumente colhidos do chão e podem conter contaminação com impurezas ainda maior.

Propriedades dos grãos

As propriedades físicas dos grãos são características relevantes na otimização dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita. Muitos autores têm investigado as variações das propriedades físicas em função do teor de água (TEIXEIRA, et al., 2003; RUFFATO et al., 1999; MCMINN e MAGEE, 1997;).

A caracterização do tamanho, forma, massas específicas e porosidade são fundamentais em projetos de engenharia envolvendo dimensionamento de máquinas e equipamentos para colheita, armazenamento, secagem e aeração de grãos. A massa específica pode ser definida como a razão entre a massa e o volume ocupado por determinado produto. Este conceito aplicado à massa e ao volume de apenas um grão determina a massa específica real ou unitária.

A porosidade de uma massa granular é definida como a relação entre o volume de espaços vazios ocupados pelo ar nos espaços intergranulares e o volume total da massa de grãos (SASSERON, 1980).

Não é possível produzir sementes com precisão de forma e tamanho. No entanto, é possível otimizar a Engenharia para empregá-la na produção agrícola. Essa otimização

se dá por meio das novas informações das propriedades físicas e aerodinâmicas que surgem da evolução das ciências agrárias, possibilitando a formulação e a evolução de novos projetos de máquinas e equipamentos, evitando, dessa maneira, desperdício do produto desejado (NUNES, 2009).

O conhecimento das características aerodinâmicas é de suma importância para o desenvolvimento de máquinas utilizadas nas etapas de colheita, pré-processamento e armazenamento. Grande parte desses equipamentos utiliza ar ou água para transportar ou separar o produto desejável das impurezas, principalmente nas operações de colheita, seleção, limpeza, secagem, armazenamento, beneficiamento e classificação do produto (SILVA et al., 2003).

O conhecimento da velocidade terminal e das forças de arraste do produto são importantes no projeto de sistemas de limpeza utilizados nas máquinas de colheita. Colhido com menor teor de impurezas, é mais fácil realizar as operações de pré-processamento dos produtos agrícolas, o que reduz o consumo de energia, especialmente na secagem (NUNES, 2009).

Velocidade Terminal

Para a avaliação das operações que envolvem o uso de fluxos de ar, é necessária a determinação da velocidade terminal do produto. Um objeto em queda livre, imerso em uma corrente de ar ascendente e com densidade inferior à do material, está sujeito à ação de três tipos de força: a força gravitacional, a força devido ao empuxo do fluido e a força de resistência ao arraste do material. No momento em que essas grandezas vetoriais se equilibram, o objeto passa a deslocar-se com velocidade constante, denominada velocidade terminal (MOHSENIN, 1986). A força resistente é dada por:

$$F_r = \frac{1}{2} C_d \rho A V^2 \quad (01)$$

Portanto,

$$F_g - F_b = F_r \quad (02)$$

Assim, a velocidade terminal pode ser determinada por:

$$V_t = \sqrt{\frac{2(F_g - F_b)}{C_d \rho A}} \quad (03)$$

Podemos então calcular teoricamente a velocidade terminal de uma partícula desde que se conheçam os parâmetros envolvidos. Tanto o coeficiente aerodinâmico de arraste (C), quanto a velocidade terminal (Vt) são funções da forma da partícula e do número de Reynolds (Re). Segundo Mohsenin (1986),

$$= \dots \quad (04)$$

Deste modo,

$$= \dots \quad (05)$$

Combinando as equações 03 e 05, temos que:

$$= \dots \cdot (\dots) \dots \quad (06)$$

em que: C= Coeficiente aerodinâmico de arraste, adimensional;

m= massa da partícula, kg;

g= aceleração da gravidade, m s⁻²;

Deq= diâmetro equivalente da partícula, m;

ρa= massa específica do ar, Kg m⁻³;

ρ = massa específica da partícula, Kg m⁻³;

μ= viscosidade do ar, Kg ms⁻¹;

Ap = área projetada da partícula, m².

Uma vez conhecido o valor de CRe² e com o auxílio da Figura 01, é possível a determinação de Re e C e, por meio deles, a velocidade terminal teórica.

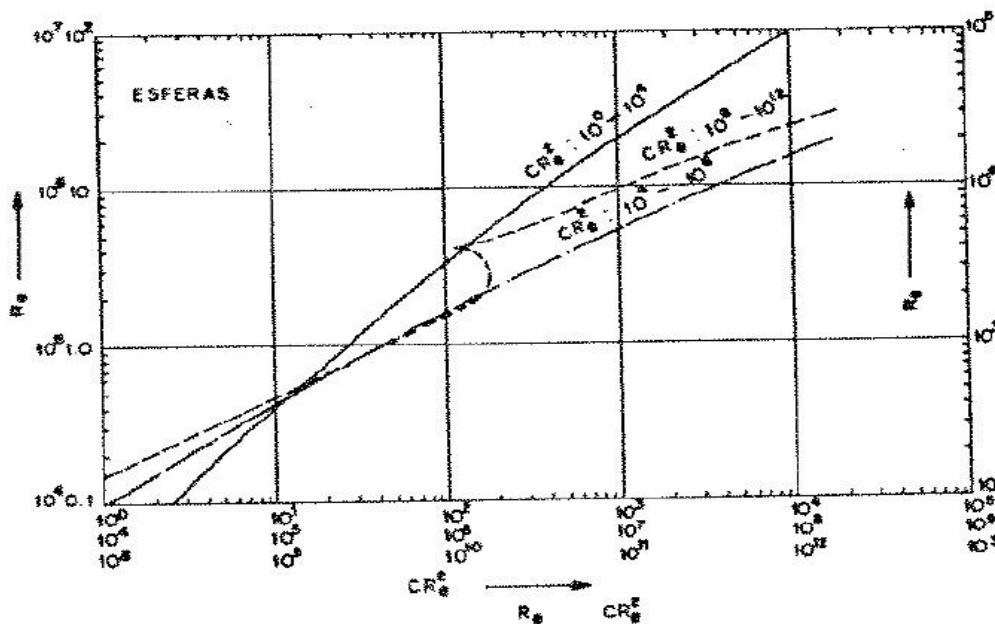


Figura 1. Número de Reynolds versus CRe² - Fonte: Mohsenin (1986).

Experimentalmente, a velocidade terminal pode ser determinada colocando-se os materiais para flutuar em uma corrente de ar. A velocidade necessária para o equilíbrio da partícula no fluxo de ar é igual a velocidade terminal do produto (MAGALHÃES, 2003).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Pré-Processamento, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (FAV-UnB), no período de 07 de junho a 13 de julho de 2012. As sementes foram obtidas em painel agrostológico localizado na Fazenda Água Limpa, Brasília - DF. As sementes foram colhidas no pé, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em refrigerador por 15 dias até o início do experimento. Foram coletadas aproximadamente 100 gramas de cada cultivar. Foi realizada coleta única para amostragem.

Determinou-se o teor de água das cultivares utilizando-se a metodologia descrita na RAS (BRASIL, 2009). Em três repetições contendo cinco gramas de material úmido (teor de água médio de 64% b.u.), as amostras foram submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar regulada a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h. A determinação da umidade inicial foi realizada calculando a diferença de peso inicial e peso final do material. Subdividas em amostras de 15g e conhecendo-se a umidade inicial das sementes amostradas, foi calculado o peso final baseado na umidade desejada. As amostras foram colocadas na estufa e retiradas a cada cinco minutos para conferência do peso. O tempo entre cada pesagem era reduzido à medida que o material se aproximava do valor esperado.

Ao alcançarem o peso desejado as amostras foram condicionadas em potes de vidro com tampa vedada à temperatura ambiente, e mantidos fora do alcance de luz.

A velocidade terminal das sementes de *Brachiaria* foi determinada nos teores de água de 20, 18, 16, 14 e 12% b.u. Os valores estudados se basearam no trabalho de NUNES (2009), que verificou a influência do teor de água em grãos de quinoa.

Para a determinação experimental da velocidade terminal das sementes de *Brachiaria* utilizou-se um Determinador de Velocidade Terminal, Figura 01, composto por um ventilador centrífugo, conectado a um tubo de acrílico transparente, com diâmetro de 0,15m e 2 m de comprimento. A 1m da parte superior instalou-se uma tela perfurada, para colocação do produto, e a 1,75m acoplou-se um reticulador, para uniformizar a distribuição da velocidade do ar na seção transversal do tubo. O ventilador foi acionado por um motor trifásico de 0,735 kW e o controle da vazão do fluxo de ar realizado por meio de um inversor de frequência.

O inversor de frequência foi previamente calibrado seguindo o manual do fabricante.

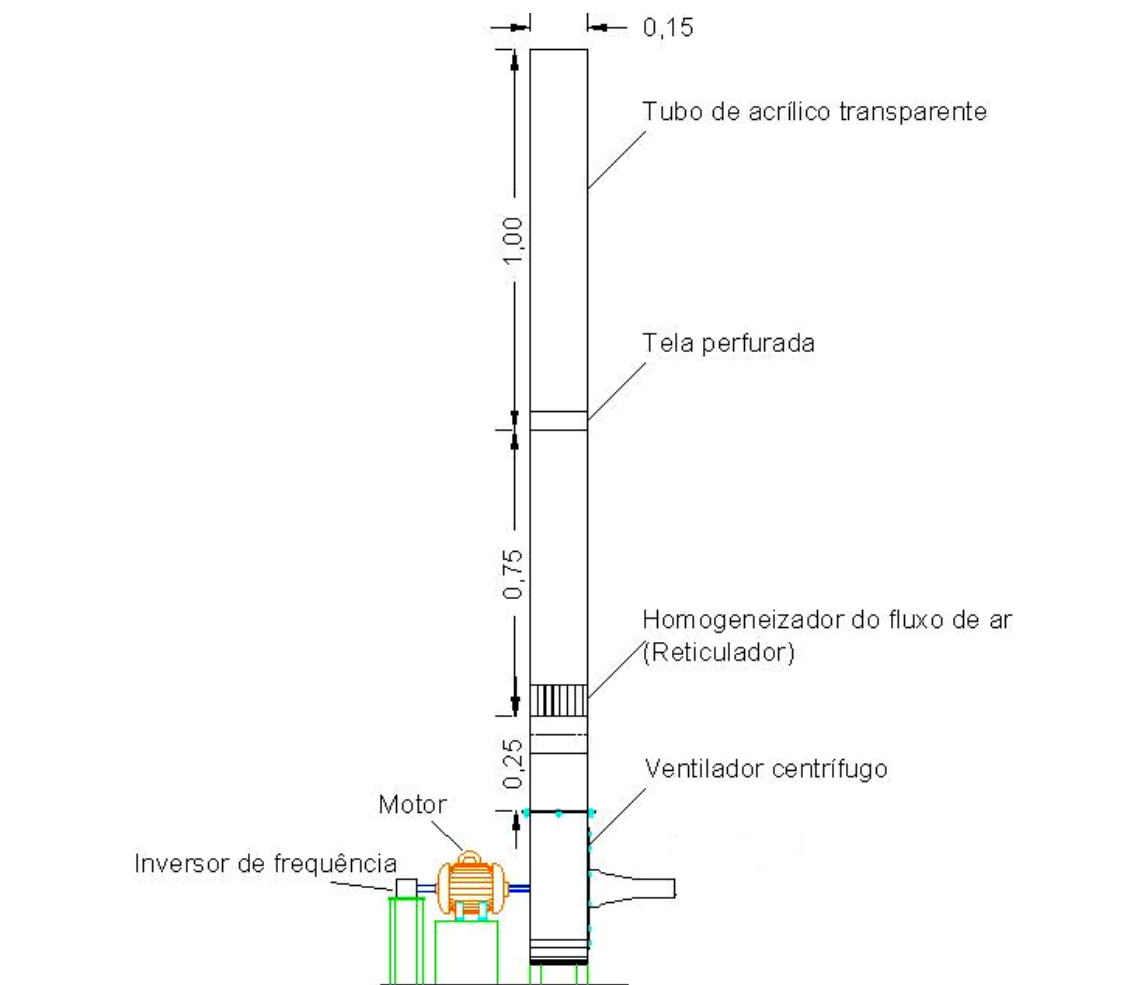


Figura 2. Desenho esquemático do Determinador de Velocidade Terminal utilizado para a determinação da velocidade terminal experimental dos grãos de *Brachiaria*.

A velocidade terminal foi determinada em três repetições para cada um dos 5 teores de água (20, 18, 16, 14 e 12% b.u.) de cada cultivar. Para isso, foi pesado e espalhado na parte central da tela perfurada 1,0 grama de amostra. Regulava-se o fluxo de ar até o início do processo de flutuação do produto e então posicionava-se um anemômetro na parte central da saída de ar do tubo para realizar as leituras da velocidade do ar.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 5 (2 cultivares x 5 teores de água) com três repetições, sendo cada repetição contendo uma grama de semente amostrada.

Para realizar a análise estatística, foi utilizado o software SISVAR de FERREIRA (2000), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para realizar a análise de regressão polinomial, foi utilizado o software SANEST (Sistema de Análise Estatística) de ZONTA E MACHADO (2000), cuja equação foi selecionada baseando-se na significância de seu coeficiente, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F entre as cultivares de *Brachiaria brizantha* e entre os teores de água, porém não houve diferença significativa na interação cultivares x teor água (Anexo 1).

Realizado o desdobramento de cultivar x teor de água, foi observada diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F, para três dos cinco teores de água, sendo eles: 12%, 14% e 16% b.u. (Anexo 2).

De acordo com a Tabela 1, observam-se que as cultivares de *Brachiaria* diferiram estatisticamente quanto a velocidade terminal sendo que a cultivar Marandu possui maior média de velocidade terminal ($1,34 \text{ m s}^{-1}$) que a cultivar Xaraés ($1,11 \text{ m s}^{-1}$).

Tabela 1. Efeito da cultivar sobre a média da velocidade terminal de sementes de diferentes cultivares de *Brachiaria brizantha*. UnB, Brasília, DF 2012.

| Cultivar | Velocidade Terminal (m/s) |
|----------|---------------------------|
| Marandu | 1,34a |
| Xaraés | 1,11b |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. D.M.S. 5% = 0,07091

Quanto aos teores de água das sementes, observam-se que os teores de água diferem estatisticamente para velocidade terminal em praticamente todos os teores de água, sendo que para 20% b.u. foi calculada a maior média de velocidade terminal ($1,5 \text{ m.s}^{-1}$), diferindo estatisticamente dos valores para 16%, 14% e 12% b.u. (Tabela 2).

Ainda de acordo com a Tabela 2 foi verificado que quanto maior o teor de umidade, maior a velocidade terminal, onde para o teor de 12% b.u. encontrou-se a menor média para a característica analisada ($0,88 \text{ m.s}^{-1}$).

Tabela 2. Efeito da umidade sobre a média da velocidade terminal de sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés e *Brachiaria brizantha* cv Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.

| Teor de Água | Velocidade Terminal (m s ⁻¹) |
|--------------|--|
| 12% b.u. | 0,88d |
| 14% b.u. | 1,10c |
| 16% b.u. | 1,28b |
| 18% b.u. | 1,36ab |
| 20% b.u. | 1,50a |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. D.M.S. 5% = 0,16076.

Tabela 3. Efeito da umidade e da cultivar sobre a velocidade terminal de sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés e *Brachiaria brizantha* cv Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.

| Cultivar | Umidade | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 12% b.u. | 14% b.u. | 16% b.u. | 18% b.u. | 20% b.u. |
| Xaraés | 0,77bC | 0,90bC | 1,17bB | 1,3aAB | 1,43aA |
| Marandu | 1,0aC | 1,3aB | 1,4aAB | 1,43aAB | 1,57aA |

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas comparação nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. D.M.S 5% = 0,15855 (Coluna); D.M.S 5% = 0,22751 (Linha).

Nota-se na Tabela 3, que as cultivares diferem estatisticamente para velocidade terminal em três teores de água, 12%, 14% e 16% b.u., sendo que nesses teores a cultivar Marandu apresentou maiores valores de velocidade terminal que a cultivar Xaraés.

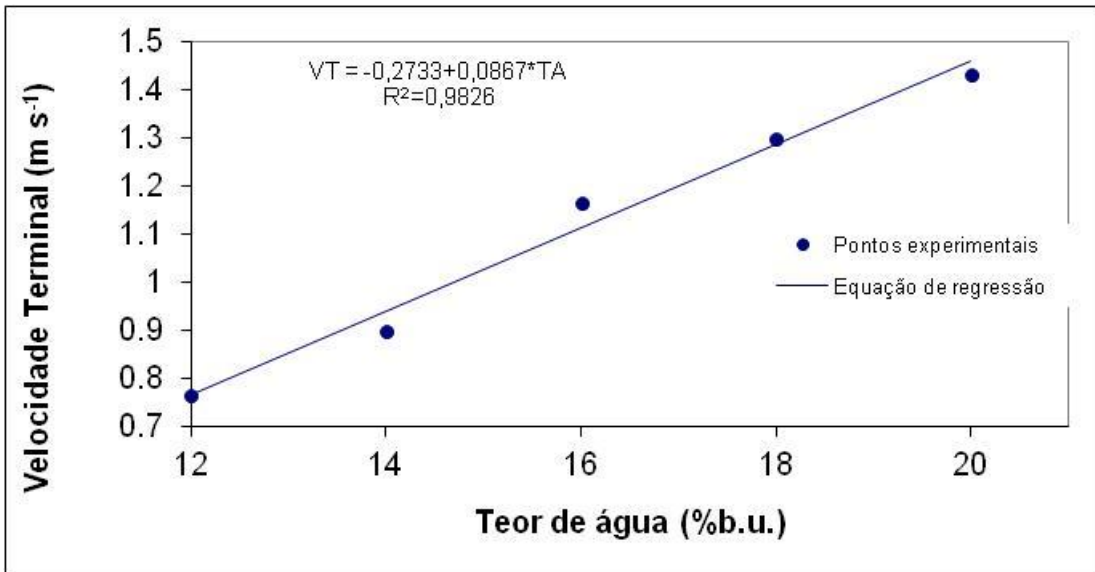


Figura 3. Gráfico de valores de velocidade terminal observada e velocidade terminal calculada em função do teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés. UnB, Brasília, DF 2012.

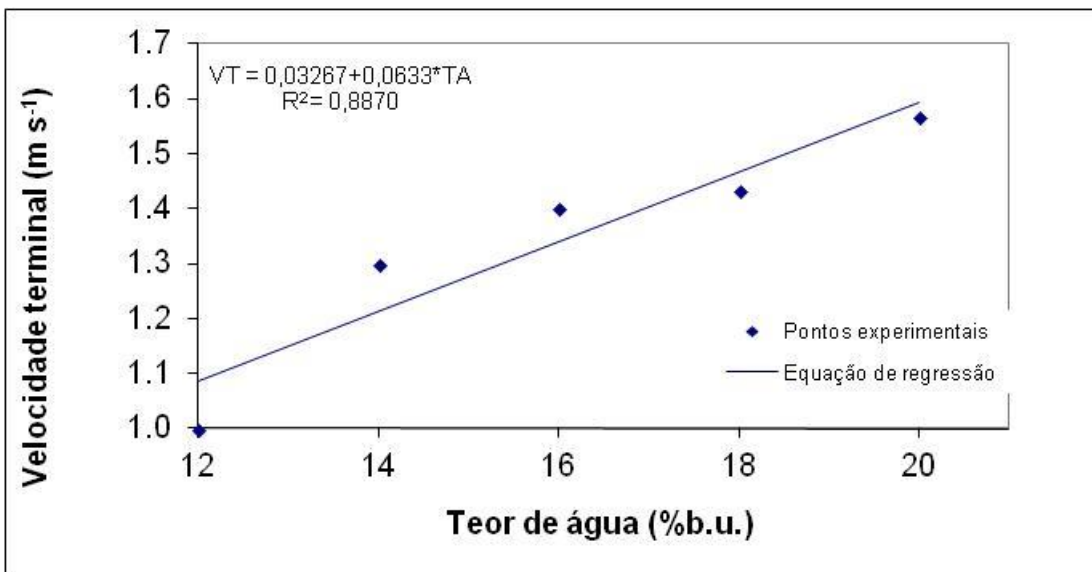


Figura 4. Gráfico de valores de velocidade terminal observada e velocidade terminal calculada em função do teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.

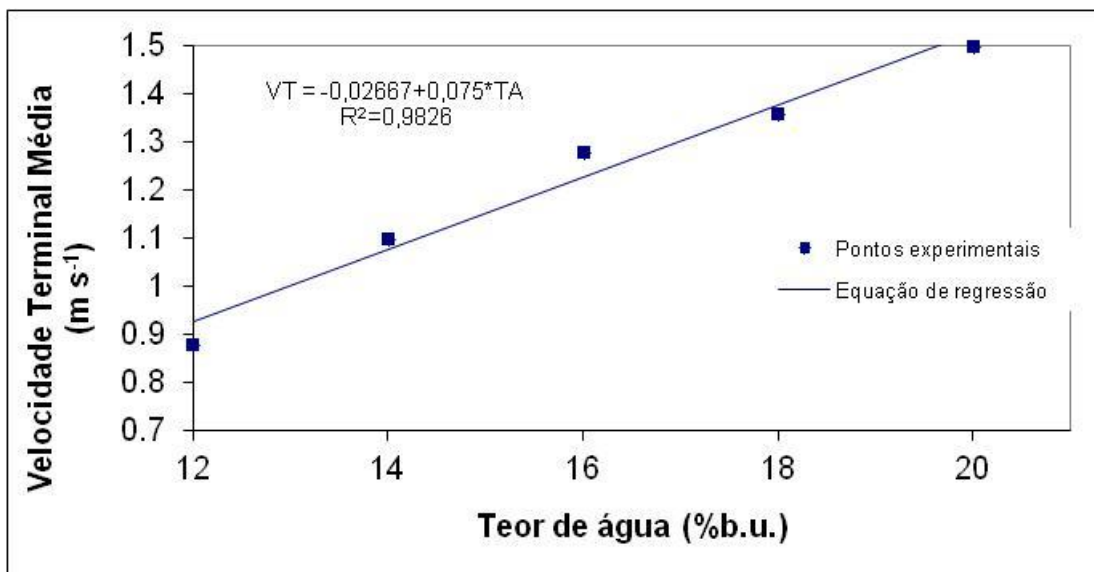


Figura 5. Gráfico de valores de velocidade terminal média observada e velocidade terminal calculada em função do teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e cv. Marandu. UnB, Brasília, DF 2012.

Nota-se, nas Figuras 2, 3 e 4, que o modelo linear ajustou-se adequadamente aos dados da velocidade terminal experimental, com elevado coeficiente de determinação (R^2), semelhante aos resultados obtidos no trabalho de Nunes (2009), trabalhando com Quinoa, em que o modelo linear permite predizer a velocidade terminal.

Semelhante ao resultado apresentado por Silva et al. (2003), trabalhando com milho e sorgo, o valor de velocidade terminal das sementes de *Brachiaria brizantha* cv Xaraés e *Brachiaria brizantha* cv Marandu é diretamente proporcional ao aumento do teor de água do produto. No entanto, Jorge (1987) encontrou proporção contrastante à do trabalho apresentado quando estuda o comportamento do amendoim, que tem velocidade terminal diminuída à medida que se aumenta o teor de água.

De acordo com Nunes (2009), provavelmente o aumento do teor de água altera as características físicas do produto, principalmente a massa e o volume. A alteração dessas características faz com que a resistência ao deslocamento, quando o produto é imerso no fluxo de ar, seja maior, aumentando a velocidade terminal dos grãos de quinoa, sendo semelhante ao resultado obtido com o presente trabalho com *Brachiaria*.

O mesmo é relatado por Morita & Singh (1979), de que o conteúdo de água das sementes afeta suas características físicas como dimensões, massa e peso específico, importantes no cálculo de velocidade terminal, devendo assim sofrer variação com o teor de água.

CONCLUSÃO

Nas condições em que foi desenvolvido este experimento, pode concluir que:

- A cultivar Xaraés apresentou em média menor velocidade terminal que a cultivar Marandu;
- A velocidade terminal, das sementes das cultivares Marandu e Xaraés de *Brachiaria brizantha*, é diretamente proporcional ao teor de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R.P. **Tecnologia de Produção de Sementes de Espécies do Gênero *Brachiaria***. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11. Piracicaba, 1994. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1994. p 49-71.

BARYEH, E.A. Physical properties of millet. **Journal of Food Engineering**, London, v.51, n.1, p. 39 - 46, 2002.

CLAYTON, W.D. & RENVOIZE, S.A. Gramineae (Part 3). In: **Flora of tropical lowlands: CIAT'S contribution**. Cali, California, 1992. 238p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. São Carlos, SP, 2000. Programas e Resumos... São Carlos: UFSCar, 2000. 235p.

FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J.A. **Importância das forrageiras no sistema de produção**. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Eds.). Plantas forrageiras. Viçosa: UFV, p. 13-29, 2010.

GUPTA, R. K.; DAS, S. K. Physical properties of sunflower seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.66, n. 1, p. 1 - 8, 1997.

(IBPGR) International Board for Plant genetic Resources. **Tropical and subtropical forages**. Report of working group. Rome, FAO, 1984. 29p.

JOSHI, D. C.; DAS, S. K.; MUKHERJEE, R. K. Physical properties of pumpkin seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 54, n. 3, p. 219 - 229, 1993.

LEITÃO FILHO, H. de F. **Espécies do gênero *Brachiaria* Griseb nativas e exóticas cultivadas no estado de São Paulo**. 2ª Ed. Campinas, CATI, 1977. 27p. (Boletim Técnico, 97).

MAGALHÃES, A. C. **Desenvolvimento e avaliação de uma máquina recolhadora de café em terreiro utilizando transporte pneumático.** Viçosa: MG: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 110p. Dissertação de Mestrado. em Engenharia Agrícola.

MATSUMOTO, K. **Máquinas e implementos agrícolas apropriados para produção de sementes de plantas forrageiras.** In: Encontro sobre Produção de sementes de plantas forrageiras, 4. Anais. São José do Rio Preto. Ed. PERES, 1990. p 1-14G.

MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. **Physical characteristics of dehydrated potatoes – part I.** Journal of Food Engineering, v.33, n.1-2, p.37-48, 1997.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials.** New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

MORITA, T. & SINGH, R.P. **Physical and thermal properties of short-grain rough rice.** Transactions of the ASAE, ST. Joseph, MI, 22(3) : 630-6, 1979.

NIMKAR, P. M.; CHATTOPADHYAY, P. K. Some physical properties of green gram. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 80, n. 2, p.183 - 189, 2001.

NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I. de O.; GOMES, D.T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu.** Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA-CNPGC, Documentos, 21).

NUNES, D.M.C. **Propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas de grãos de quinoa** (*Chenopodium quinoa* Willd) 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

RENARD, C. & CAPELLE, P. **Seed germination in Ruzizi grass (*Brachiaria ruziziensis* Germais & Evrad).** Aust. J. Bot., 24: 437-46, 1976.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M. SILVA, J. N. **Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

SASSERON, J.L. **Características dos grãos armazenados.** Viçosa: Centreinar, 1980. 65p.

SILVA FILHO, J.P. & CARDOSO, E.P. **Condução de campo de produção de sementes de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais.** In: Encontro sobre Produção de sementes de plantas forrageiras, 4. Anais. São José do Rio Preto. Ed. PERES, 1990. p 1-16D.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P.C.; JÚNIOR, P. C. A.; GONELI, A. L. D. J. **Influência do teor de umidade na velocidade terminal de grãos de sorgo e milho.** Revista Brasileira de de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.2, n.3, pp: 143-147. 2003.

SOARES FILHO, C.V. **Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1994. p 25-48.

SOUZA, F.H.D. **As sementes de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* no Brasil Central.** In: Encontro sobre Produção de sementes de plantas forrageiras, 2. Anais.... ed. PAULINO, V.T.; PEDREIRA, J.V.S.; CAMARGO, D.F.V.; MEIRELLES, N.M.F. et al., Nova Odessa, SP, 1991. p. 137-186.

SOUZA, F.H.D. & RAYMAN, P. **O emprego de colheitadeiras automotrizes na colheita de sementes de plantas forrageiras tropicais.** Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 1981, 24 p. (EMBRAPA-CNPGC, Circular Técnica, 6).

SUTHAR, S. H.; DAS, S. K. Some physical properties of karingda [*Citrullus lanatus* (Thumb) Mansf] seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 65, n. 1, p.15 - 22, 1996.

TEIXEIRA, M. M.; MARTYN, P. J.; HARA, T.; CUNHA, J. P. A. R. **Propriedades físicas e aerodinâmicas aplicadas ao projeto de máquinas de limpeza para grãos de milho.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.11, n. 1-4, p. 52-57, 2003.

UHL, J.B.; LAMP, B.J. Pneumatic separation of grain and straw mixtures. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.9, n.2, p.244-246, 1966.

VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B et al. **Gênero *Brachiaria*.** In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. Plantas forrageiras. Viçosa: UFV, p. 30-77, 2010.

VAUGHAN, C.E.; GREGG, B.R.; DELOUCHE, J.C. **Beneficiamento e Manuseio de sementes.** Ministério da Agricultura, SNAP/CSM, Brasília, 1980.

VILELA, H. **Pastagem – Seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação.** Aprenda Fácil Editora. Viçosa – MG. 2005. 283 p.

WENZL, P.; CHAVES, A. L.; PATIÑO, G. M.; MAYER, J. E.; RAO, I. M. **Aluminum stress stimulates the accumulation of organic acids in root apices of *Brachiaria* species.** Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Weinheim, v.165, n.5, p.582-588, 2002.

ZIMMER, A.H; EUCLIDES, V.P.B; MACEDO, M.C.M. **Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., Piracicaba, 1988. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1988. p 141-183.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. Sistema de análises estatísticas (SANEST) para microcomputadores. In: Simpósio de estatística aplicada à experimentação. Piracicaba, 1995. Resumos... Campinas: Fundação Cargill, 1995. 17-18 p.

Anexo 1. Resumo da Análise de Variância. UnB, Brasília, DF 2012

| Causas de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | Valor F | Prob.>F |
|--------------------|------|-----------|------------|---------|---------|
| Cultivar | 1 | 0,3853335 | 0,3853335 | 44,4616 | 0,00002 |
| Umidade | 4 | 1,3886670 | 0,3471668 | 40,0578 | 0,00001 |
| Cul x Umi | 4 | 0,0713330 | 0,01778333 | 2,0577 | 0,12415 |

Coefficiente de variação = 7,589%

Anexo 2. Resumo da Análise de Variância do desdobramento de Cultivares dentro de cada nível de Teor de Água. UnB, Brasília, DF 2012

| Causas de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | Valor F | Prob.>F |
|--------------------|------|----------|----------|---------|---------|
| 12%b.u. | 1 | 0,081667 | 0,081667 | 9,423 | 0,0060 |
| 14%b.u. | 1 | 0,240000 | 0,240000 | 27,692 | 0,0000 |
| 16%b.u. | 1 | 0,081667 | 0,081667 | 9,423 | 0,0060 |
| 18%b.u. | 1 | 0,026667 | 0,026667 | 3,077 | 0,0947 |
| 20%b.u. | 1 | 0,026667 | 0,026667 | 3,077 | 0,0947 |

Coefficiente de variação = 7,589%

Anexo 3. Resumo da Análise de Variância do desdobramento de Teor de Água dentro de cada Cultivar. UnB, Brasília, DF 2012

| Causas de variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | Valor F | Prob.>F |
|--------------------|------|----------|----------|---------|---------|
| Marandu | 4 | 0,542667 | 0,135667 | 415,654 | 0,0000 |
| Xaraés | 4 | 0,917333 | 0,229333 | 26,462 | 0,0000 |

Coefficiente de variação = 7,589%