

**Desenvolvimento e caracterização de briquetes de capim buffel para
alimentação animal**

**Development and characterization of buffel grass briquets for animal
feed**

DOI:10.34117/bjdv5n7-092

Recebimento dos originais:25/06/2019

Aceitação para publicação: 03/07/2019

Larissa Almeida Pimenta

Engenheira Agrícola e Ambiental Engenharia Agrícola e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus Januária.

Endereço: Fazenda São Geraldo, S/N Km 06, 39480000 - Januária, MG - Brasil
E-mail: larissa-pimenta@hotmail.com

Wagner da Cunha Siqueira

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – *Campus Januária*

Endereço: Fazenda São Geraldo, S/N Km 06, 39480000 - Januária, MG - Brasil
E-mail: wagner.siqueira@ifnmg.edu.br

Wagner Azis Garcia de Araujo

Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – *Campus Januária*.

Endereço: Fazenda São Geraldo, S/N Km 06, 39480000 - Januária, MG - Brasil
E-mail: wagner.araujo@ifnmg.edu.br

Selma Alves Abrahão

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – *Campus Januária*.

Endereço: Fazenda São Geraldo, S/N Km 06, 39480000 - Januária, MG - Brasil
E-mail: selma.abrahao@ifnmg.edu.br

Vicente Ribeiro Rocha Junior

Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil
Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Ciências Agrárias.

Endereço: Avenida Reinaldo Viana 2630 - Campus da Unimontes, Bico da pedra, 39440000 - Janaúba, MG - Brasil
E-mail: Vicente.rocha@unimontes.br

Cínara da Cunha Siqueira Carvalho

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil.
Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Ciências Agrárias.
Endereço: Avenida Reinaldo Viana 2630 - Campus da Unimontes, Bico da pedra, 39440000 - Janaúba, MG - Brasil
E-mail: cínara.carvalho@unimontes.br

RESUMO

A utilização das pastagens é a maneira mais econômica de produção animal no cenário do semiárido. O capim Buffel é uma forrageira tolerante à seca amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais secas em todo o mundo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e briquetes feitos a partir do capim Buffel, para alimentação animal. Para a confecção dos briquetes foi realizado a moagem do capim utilizando três peneiras com diâmetros diferentes (3 mm, 5 mm e 10 mm) e para maior taxa de aglomeração das partículas e resistência mecânica, foi feito a adição de material aglutinante (amido de milho, amido de mandioca e capim em pó) e como solvente água morna. De acordo com os diâmetros das peneiras e a quantidade de água utilizada para homogeneização das partículas foi determinado os métodos para a confecção dos briquetes, sendo: método 1 (granulometria do capim de 3 mm + 100 ml de água), método 2 (granulometria do capim de 5 mm + 150 ml de água) e método 3 (granulometria do capim de 10 mm + 150 ml de água). Entre as variáveis respostas, foram analisadas: densidade relativa a granel, densidade aparente, umidade, resistência a absorção de água e resistência mecânica a impacto. A pressão utilizada foi de 5588,25 kgf.cm⁻² o que equivale a 5,5 ton, o briquete permaneceu sobre pressão por 30 segundos. Os briquetes obtiveram densidade aparente que oscilaram 0,83 a 0,91 g.cm⁻³. Isto representou uma faixa de 6 a 14 vezes a menos de ocupação de volume para uma mesma quantidade de massa. Os valores para resistência mecânica ao impacto variaram 55,59g a 48,06g, evidenciando maior durabilidade dos briquetes com menor granulometria. Os briquetes também se mostraram eficientes quanto a absorção de água. Os briquetes foram confeccionados com umidade em torno de 12%, o que contribui para a sua conservação, pois, desde que protegidos adequadamente durante o armazenamento, podem ser estocados e disponibilizado aos animais de forma rápida e prática, em qualquer época do ano.

Palavras Chaves: Granulometria; aglutinantes; alimentação para bovinos; briquetagem; método.

ABSTRACT

The use of pastures is the most economical way of animal production in the semiarid scenario. Buffel grass is a drought tolerant forage widely cultivated in tropical and subtropical dry regions around the world. The objective of this work was to develop and briquettes made from Buffel grass, for animal feed. To make the briquettes, the grass was milled using three sieves with different diameters (3 mm, 5 mm and 10 mm) and for a higher rate of particle agglomeration and mechanical strength, the addition of binder material (maize starch, cassava starch and powdered grass) and as solvent warm water. According to the sieve diameters and the amount of water used for the homogenization of the particles, the methods for making the briquettes were determined, being: method 1 (grain size 3 mm + 100 ml water), method 2 (grain size 5 mm grass + 150 ml water) and method 3 (10 mm grass granulometry + 150 ml water). Among the response variables

were: bulk density, bulk density, humidity, mechanical resistance to impact and resistance to water absorption. The pressure used was 5588.25 kgf.cm⁻², equivalent to 5.5 ton, the briquette remained under pressure for 30 seconds. The briquettes showed bulk density ranging from 0.83 to 0.91 g.cm⁻³. This represented a range of 6 to 14 times less volume occupation for the same amount of mass. The values for mechanical resistance to the impact varied from 55.59g to 48.06g, evidencing a longer durability of briquettes with lower particle size. The briquettes were also efficient in absorbing water. The briquettes were made with humidity around 12%, which contributes to their conservation, since, as long as properly protected during storage, they can be stored and made available to animals quickly and practically, any time of the year.

Keywords: Granulometry; binders; feed for cattle; briquetting; method.

1 INTRODUÇÃO

A criação de bovinos é uma atividade muito praticada no semiárido, apesar da escassez de chuvas e disponibilidade de pastagens. Na estação seca, há a necessidade de suplementação para suprir as exigências nutricionais do rebanho, pois, nesse período, boa parte das pastagens apresenta baixa produção de matéria seca, bem como valor nutricional reduzido. Sendo assim, a oferta de alimentos para esses animais, restringe a dieta alimentar. Vale ressaltar, que no Brasil se tem alto gasto relativo à alimentação, influenciando nos custos totais de produção o que torna o investimento em pastagens, no armazenamento e na conservação de alimentos ferramentas de extrema relevância.

A busca por métodos alternativos de alimentação, de forma a reduzir despesas, maximizar o desempenho dos animais e suprir as necessidades nutricionais dos rebanhos se torna cada vez mais constante. Os briquetes para fins alimentares surgem como alternativa para suprir essa carência, uma vez que atende exigências nutricionais tanto quanto financeiras. De forma mais compacta o briquete facilita o armazenamento e o transporte e, as dimensões dos briquetes uniformes e padronizados garantem um menor custo de transporte e fácil armazenamento.

Os benefícios com o uso do briquete são diversos, conserva o capim e suas propriedades nutricionais por mais tempo, atendendo as necessidades alimentares dos animais, bem como assegurando a sua sobrevivência em tempos de escassez.

Observa-se a inexistência de informações na literatura que discorram sobre a utilização de briquetes como alternativa para alimentação animal. Sendo assim, a pesquisa se torna ferramenta de fundamental importância no tocante à descoberta de novas fontes para suprir a demanda por alimentos, ressaltando a necessidade hídrica e as variações climatológicas enfrentadas na região.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver briquetes para alimentação animal a partir do capim Buffel como matéria prima, mantendo os nutrientes necessários para uma dieta adequada de bovinos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma prensa;
- Realizar o processamento da matéria prima;
- Compactação da matéria prima com inserção de aglutinantes;
- Avaliar a caracterização física do briquete (densidade relativa a granel e aparente, umidade, resistência à absorção de água e resistência mecânica a impactos);
- Verificar qual o melhor método para a produção de briquete.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. ALIMENTAÇÃO ANIMAL E SEUS ENTRAVES

A pastagem é a base para a alimentação bovina no Brasil, uma vez comparada com outros suplementos tem seu custo relativamente mais baixo. Na composição das rações utilizadas no Brasil, se tem como alimentos comumente utilizados: o milho e o farelo de soja. Esses ingredientes representam 90% da matéria prima utilizada para a produção da ração, o que constitui grande parte dos custos relativos à alimentação e, conseqüentemente, dos custos totais de produção, uma vez que esses alimentos estão propícios a intensas variações de preço (PASCOAL et al., 2006).

A sazonalidade de forragens, em determinados períodos do ano provoca à diminuição da produção de pastagens, do valor nutritivo e conseqüentemente a desnutrição dos animais criados a pasto, comprometendo o desempenho, o desenvolvimento dos animais, ocasionando diminuição de peso e até perda do rebanho (RAPOSO e BUNGENSTAB, 2015).

Com propósito de reduzir as influências climáticas nos sistemas de produção produzidos em regiões semiáridas, as estratégias no que tange a conservação de forragem são indicadas como recurso fundamental na tomada de decisão para contribuição nutricional do rebanho (LIMA JÚNIOR et al., 2013).

É essencial que alternativas para suprir as exigências nutricionais e manter o rebanho sejam tomadas, para atender as necessidades dos animais em períodos onde ocorra a ausência

do pasto. Como opção se pode utilizar técnicas de conservação que promovam a conservação dos nutrientes presentes nas forragens frescas, ocasionando um armazenamento, com perdas nutricionais insignificantes, por longos períodos (CARVALHO et al., 2018).

Nesse sentido, o setor pecuário vem se transformando com propósito de atualizar e modernizar o sistema de produção, minimizando despesas, aumentando lucros e expandindo a produção (SILVA, 2008).

3.2. CAPIM BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* .)

O capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) oriundo da África, Índia e Indonésia, foi inserido no Brasil em 1952 como opção forrageira para regiões semiáridas, onde demonstrou possuir características marcantes e de extrema importância para região (OLIVEIRA, 1993). É uma forrageira tolerante à seca amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais secas em todo o mundo. Possui sistema radicular permanente e profundo (MARSHALL; LEWIS; OSTENDORF, 2012; BURSON et al., 2012).

A disponibilidade de forragem no Semiárido durante o ano é irregular, uma vez que uma de suas características é a baixa precipitação pluviométrica e distribuição desuniforme de chuvas. O déficit hídrico é um dos fatores mais limitantes ao crescimento, produtividade e valor nutritivo das forrageiras, (SILVA et al., 2007), o que conseqüentemente contribui para a escassez de alimento na maior parte do ano. Este resulta em um grande limitante para a atividade pecuária, principalmente no período seco do ano (DIAS FILHO, 2014). A vegetação nativa (Caatinga), em geral compõe a base alimentar aos rebanhos e na maioria dos casos não é suficiente para atender as demandas nutricionais dos ruminantes em quantidade e qualidade de forragem, ocasionando baixos índices zootécnicos e de rentabilidade na atividade (SANTOS et al., 2011). Nesse caso, o cultivo e uso de plantas forrageiras alternativas é uma estratégia que pode contribuir com a redução das deficiências. O capim Buffel surge como um dos recursos forrageiros que podem ser utilizados com o objetivo de diminuir a deficiência alimentar dos rebanhos. (BEZERRA et al., 2014)

O capim Buffel com elevada resistência a seca pode apresentar produção de forragem da ordem de 12000 kg de matéria seca (MS)/ha/ano com teores de proteína bruta (PB) superiores a 10% da MS e valores de digestibilidade *in vitro* da MS próximos a 60% da MS, ou seja, valores considerados como relevantes para áreas áridas e semiáridas (VOLTOLINI et al., 2014). A produtividade de diversos cultivares do capim Buffel varia de acordo as

condições locais, com a maior ou menor adaptação, com produtividade entre quatro e doze toneladas de matéria seca por hectare (OLIVEIRA, 1993).

3.3. BRIQUETES

Os briquetes são originários de um processo de trituração e compactação de materiais através de elevadas temperaturas, a fim de modificar os materiais e transformá-los em blocos segundo Gentil (2008), onde apresentarão forma regular e constituição homogênea (ORMOND, 2006).

As propriedades e qualidade dos briquetes podem ser definidos a partir de variáveis relacionadas à matéria prima (granulometria, composição química da biomassa, teor de umidade etc.) e quanto aos processos de produção (pressão, temperatura etc.) (FURTADO et al., 2010).

Para a confecção dos briquetes utilizam-se diversos tipos de materiais agrícolas, madeireiros, industriais e urbanos (MAROZZI, 2012). Dias et al. (2012) afirmaram que os briquetes podem ser produzidos a partir de qualquer resíduo vegetal, como, por exemplo, serragem e restos de serraria, casca de algodão, de café, de arroz, feno ou excesso de biomassa de gramíneas forrageiras entre outros. De acordo com Alves Júnior et al. (2003), a briquetagem é uma das alternativas tecnológicas para o melhor reaproveitamento dos resíduos de biomassa.

Padilla et al. (2016) relacionaram os briquetes a outras fontes de utilização de resíduos, e o destaca como um recurso de grande potencial, considerando as características específicas de acordo com as propriedades de cada matéria-prima usada. Paula (2010) afirmou como benefícios no uso dos briquetes, a redução do impacto ambiental, a conservação de florestas, disponibilidade de matéria prima durante o ano em determinadas regiões, além de possuírem dimensões uniformes que facilitam o manuseio e transporte.

3.4. PROCESSO DE BRIQUETAGEM

O processo de briquetagem consiste das etapas necessárias para a formação dos briquetes, a saber: escolha da matéria prima, secagem, moagem, peneiramento, mistura com aglutinante, prensagem e armazenamento. As etapas são consecutivas e fundamentais para a formação de briquetes que atendam as necessidades e os objetivos específicos (QUIRINO e BRITO, 1991).

Filippeto (2008) afirma que os procedimentos para a briquetagem se baseiam na compactação dos resíduos por meio de aplicação de pressão, com o intuito de transformá-los

em um sólido geométrico e compacto de alta densidade. A compactação destrói a elasticidade natural do material utilizado, esse processo se dá em altas pressões e altas temperaturas.

Os briquetes podem ser formados com ou sem a presença de um agente aglutinante, normalmente são utilizados aglutinantes para propiciar e manter a agregação das partículas. A presença de compostos que possuem características com ação aglutinante justifica a não utilização de aglomerantes artificiais para a briquetagem. A lignina, as proteínas, amido, gorduras e carboidratos solúveis são adesivos naturais da biomassa (DIAS et al., 2012).

As características fundamentais a serem consideradas nos aglutinantes são: baixo custo, fácil aplicação, alta resistência mecânica, alta taxa aglomerante, inexistência de material inerte em sua composição, resistência às condições adversas do meio, como umidade e boas condições de operacionalidade (PEREIRA, 2009).

Dias et al. (2012) destacam como um dos fatores relevantes no processo de formação de briquetes o teor de umidade, uma vez que a água promove a gelatinização do amido, fragmentação de proteína, solubilização de fibras durante a densificação, e o excesso pode causar compactação e entupimento na alimentação do maquinário.

3.5. IMPORTÂNCIA DA GRANULOMETRIA DOS RESÍDUOS NA BRIQUETAGEM

Para o processo de briquetagem a granulometria é um parâmetro de extrema relevância, uma vez que influencia na durabilidade e resistência dos briquetes (SILVA et al., 2015). Nesse sentido, fica explícita a importância da classificação granulométrica da matéria-prima antes da compactação.

De acordo Pereira (2009), o tamanho da partícula é inversamente proporcional a sua área superficial, ou seja, quanto menor o tamanho da partícula, maior é a área superficial, necessitando de mais adesivo para obter maior resistência mecânica, caso a briquetagem necessite de aglutinante. Fontes et al. (1989) afirmam que a granulometria influi diretamente na quantidade do aglutinante e da água.

3.6. CONSERVAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE FORRAGEM ATRAVÉS DE BRIQUETES

A oferta de forragem no Semiárido durante o ano é desuniforme, tornando escassa a disponibilidade de alimento em grande parte do ano, o que compromete de forma negativa a performance animal, caracterizando o que se denomina sazonalidade característica da produção forrageira, devido aos fatores climáticos característicos dessa região. (BEZERRA

et al., 2014). Entretanto, a utilização das pastagens é a maneira mais econômica de produção animal em ruminantes, com alto equilíbrio dos recursos renováveis e de baixo impacto ambiental quando manejadas corretamente. (NASCIMENTO et al., 2015).

O bem-estar e produção animal estão exclusivamente relacionados com a nutrição, a qual sujeita necessariamente de quatro fatores: exigências nutricionais, composição e digestibilidade dos alimentos e quantidade de nutrientes que o animal ingere. Dentre os aspectos mencionados, a ingestão de matéria seca é indicada como sendo o fator de maior relevância e que determina a desempenho do animal (NASCIMENTO et al., 2015).

Os briquetes confeccionados a partir da secagem do capim possuem baixo conteúdo de umidade, o que contribui para torná-lo um sistema versátil de conservação de forragem, pois, desde que protegido adequadamente durante o armazenamento, pode ser estocado por longos períodos, ser disponibilizado aos animais de forma rápida e prática em qualquer época do ano.

4. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, do IFNMG – *Campus* Januária. Fazenda São Geraldo, S/N Km 06 Januária/MG. Latitude: 15° 29' 17" S, Longitude: 44° 21' 43" W clima classificado como Aw. 24.5 °C, segundo classificação Köppen.

4.1. DESENVOLVIMENTO DO BRIQUETE

O processo de briquetagem consiste no pré-tratamento da matéria-prima secagem e moagem do capim, na mistura com o aglutinante para homogeneização e compactação através da prensagem.

Para a produção dos briquetes foi utilizado como biomassa vegetal o Capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*), o material foi coletado no IFNMG - *Campus* Januária. A colheita foi realizada quando o capim atingia a altura de 50 cm e retirado a 10 cm de altura do solo, com uma amostra final de aproximadamente 15 kg de biomassa.

De acordo com a granulometria do capim e a quantidade de água utilizada para homogeneização das partículas foi determinado os métodos para a confecção dos briquetes.

Tabela 1: Métodos utilizados para fabricação de briquetes

Métodos	Composição
Método 1	Capim com granulometria de 3 mm + 100 ml de água
Método 2	Capim com granulometria de 5 mm + 150 ml de água
Método 3	Capim com granulometria de 10 mm + 150 ml de água

4.1.1. Secagem

O capim colhido foi exposto ao ambiente para desidratação, até atingir umidade em torno de 12%, para isso foi revolvido quatro vezes ao dia com o intuito de uniformizar e acelerar o processo de desidratação. O teor de umidade de 12% foi escolhido por estar dentro da faixa considerada ideal para a fabricação de briquetes (QUIRINO, 1987).

Para estimar a umidade, retirou-se pequenas amostras, identificadas e embaladas em sacos de papel, pesadas e colocadas em estufa com ventilação forçada e mantidas sob temperatura de 105°C por 24 h para secagem. Após o tempo de estufa, o teor de umidade foi obtido pelo quociente da massa úmida em equilíbrio e da massa obtida após a secagem. Este procedimento foi realizado durante três dias, no qual se atingiu a umidade desejada.

4.1.2. Moagem

O capim foi moído em um triturador e picador de forragem (Cremasco DPF-JR) onde foi utilizando três peneiras com aberturas de 3 mm, 5 mm e 10 mm de diâmetro, a fim de se obter diferentes granulometrias (Figura 1). A diferença do efeito entre as granulometrias podem ser observadas conforme figura 1.

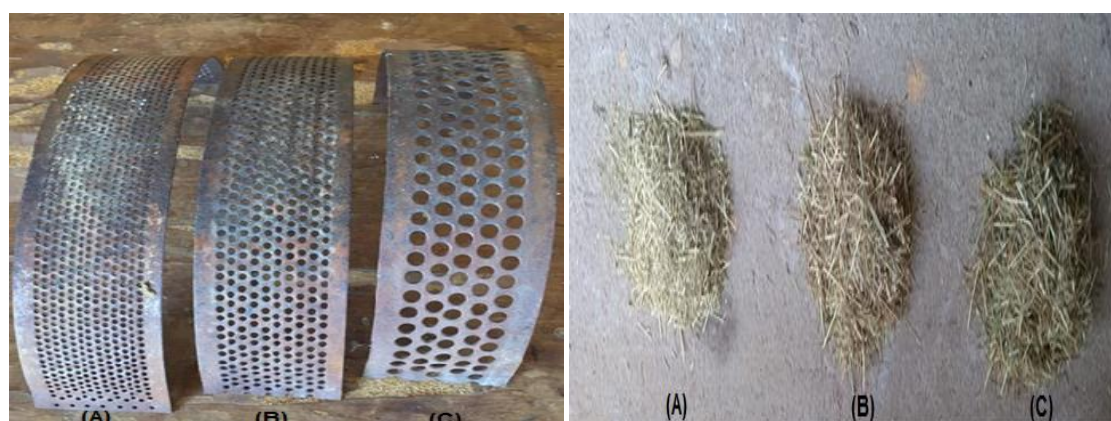


Figura 1: Peneiras utilizadas para triturar a biomassa (A) 3 mm, (B) 5 mm e (C) 10 mm. Capim após ser triturado. (A) Peneira 3mm, (B) Peneira 5mm e (C) Peneira 10mm. Fonte: Arquivo pessoal (2018)

4.1.3. Mistura

Para maior taxa de aglomeração das partículas e resistência mecânica, foi feito a adição de material aglutinante. Foram utilizados dez gramas de amido de milho, dez gramas de amido de mandioca, quinze gramas de capim Buffel em forma de pó e água morna como solvente. Os ligantes foram adicionados à água morna onde se obteve uma pasta homogênea e pegajosa.

4.1.4. Briquetagem

Depois de atingir a umidade recomendada, iniciou-se aos processos de briquetagem. Em seguida esse material foi armazenado em sacos plásticos para evitar que a matéria-prima entrasse em contato com a umidade do ar.

Para caracterização das amostras foram realizadas as análises das propriedades físicas identificando o teor de umidade, densidade relativa a granel densidade aparente, resistência mecânica a impactos e resistência a absorção de água.

4.1.5. Prensagem

Para prensagem da biomassa, foi utilizada uma prensa hidráulica da marca (Bovenau P30 ST) com capacidade de carga de até trinta ton (Figura 2A).

Para a estrutura modeladora do briquete, foi utilizada uma camisa de bloco de motor composta por aletas e perfurações para que ocorresse a saída de água excedente no momento da prensagem. Como êmbolo, foi utilizada a parte superior de um pistão sem os anéis de vedação e de raspagem (Figura 2B).



Figura 2:(A) Prensa hidráulica utilizada para briquetagem, (B) Camisa de bloco de motor para compressor utilizado como estrutura modeladora para briquetes e parte superior do pistão antecedendo e sucedendo o briquete. Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Após prensados os briquetes permaneceram em estufa com ventilação forçada e circulação de ar, a 60°C durante dois dias para secagem e obtenção da umidade desejada (Figura 3)



Figura 3:Briquetes confeccionados a partir de diferentes métodos. (A) Método 1, (B) Método 2 e (C) Método 3. Fonte: Arquivo pessoal (2018).

4.2. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

4.2.1. Densidade relativa a granel e aparente

A densidade foi determinada nas condições antes da briquetagem (densidade relativa a granel) e após briquetagem (densidade aparente dos briquetes), ambos a 12% de umidade.

A densidade relativa a granel foi determinada usando um recipiente com dimensões conhecidas e alocando o capim moído neste reservatório, posteriormente realizada a relação entre massa do resíduo e volume do recipiente. O procedimento descrito foi realizado para as granulometrias de 3 mm, 5 mm e 10 mm, nas mesmas condições de umidade.

A primeira pesagem de cada briquete foi realizada logo após o resfriamento, posteriormente colocada na estufa para secagem a 60°C durante dois dias. A densidade aparente (g cm^{-1}) foi determinada pelo método estereométrico. Cada briquete teve a sua massa determinada em balança de sensibilidade igual a 10^{-2} g e teve suas dimensões (altura e diâmetro) determinadas por paquímetro com sensibilidade de 10^{-2} mm. A densidade aparente foi calculada, pela relação entre massa e volume.

Devido ao fato dos briquetes não serem cilindros perfeitos, para a densidade aparente foi necessário mensurar três medidas de largura de cada briquete e três de comprimento. Foi feita então a média das três medidas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.2. Umidade

Para o processo de briquetagem é necessário que as partículas estejam com o teor de umidade compreendido entre 10 e 13% (QUIRINO, 1987). Para estimar o teor de umidade, os briquetes foram pesados e colocados em estufa de ventilação forçada a 105°C durante 24 h. Após o tempo em estufa, os briquetes foram levados para o dissecador, medindo-se a perda de massa após o resfriamento. Para cada tratamento foram realizadas três repetições. O teor de umidade foi estimado pela seguinte expressão:

$$\%U = \frac{(\mu - m_s)}{\mu} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

% U = Porcentagem de umidade (%),

Um = Matéria úmida (g) e

MS = Matéria seca (g).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3. Resistência à absorção de água

A resistência à absorção de água foi determinada submergindo os briquetes em um recipiente com água, determinando-se a variação de peso em intervalos de dez minutos, com seis repetições. O briquete foi imerso em um recipiente contendo um volume de água conhecido, passando-se dez minutos, foi retirado da água e colocado em cima de uma peneira onde ficou até se encerrar o gotejamento. Após esse procedimento o briquete foi pesado novamente. O mesmo briquete foi submetido a esse teste seis vezes, uma vez que a cada novo tempo, o recipiente com água recebia a mesma quantidade de água usada inicialmente.

A resistência dos briquetes quanto a absorção de água foi determinada por meio do método estatístico da análise fatorial, analisando como fatores a granulometria e o tempo de

imersão em água, com um experimento fatorial 3 x 5 montado segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Tabela 2: Identificação dos níveis dos fatores analisados

Fator A	Fator B (tempo)
Método 1	B1
Método 2	B2
Método 3	B3
	B4
	B5

Em que: B1- 10 min; B2- 10 min; B3- 10 min; B4- 10 min; B5- 10 min

4.2.4. Resistência mecânica a impactos

A resistência ao impacto é o quanto o briquete resiste depois de repetidas quedas, simulando impactos que ocorrem naturalmente durante o seu manuseio e transporte.

Para o teste de resistência mecânica a impactos foi simulado um teste de queda livre para as alturas 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm e 150 cm, para cada método foram realizadas três repetições para cada altura. A resistência ao impacto foi determinada pelo número de quedas consecutivas a partir de alturas padronizadas que o briquete suportava. Os briquetes foram submetidos a três quedas sucessivas em cada altura.

Com o intuito de conhecer o efeito das três granulometrias (3 mm, 5 mm, 10 mm) e cinco alturas de queda livre (30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm e 150 cm) sobre a resistência mecânica, foi utilizado um fatorial 3x5, segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**5.1. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS BRIQUETES****Tabela 3:**Densidade relativa a granel.

Granulometria	DR (kg.m⁻³)
Granulometria 1 (3 mm)	137.35 a
Granulometria 2 (5 mm)	133.35 a
Granulometria 3 (10 mm)	67.28 b

Densidade relativa a granel (DR).

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

5.1.1. Densidade relativa a granel

Os resultados de densidade a granel com diferentes granulometrias evidenciaram que a granulometria 3 foi a único a apresentar diferença significativa em relação aos outros. O valor obtido para a granulometria 2 foi inferior a granulometria 1, mais estatisticamente não significativo (Tabela 3). Essa diferença pode ser explicada, tendo em vista que, em um mesmo volume que se coloca as partículas de granulometria 1 se coloca as de granulometria 3, porém em uma proporção menor. Dessa forma, a granulometria 1 apresentou maior valor de densidade granel, por pesar mais em um mesmo volume.

Marozzi (2012) observou em seus estudos com diferentes resíduos para a briquetagem que a palha de milho foi o resíduo que apresentou menor densidade a granel, 6,343 kg.m⁻³ este valor foi justificado pelas características físicas do material como peso e forma, promovendo um aumento nos espaços vazios entre o material quando este é armazenado sem nenhuma forma de compactação. Fernandez (2016) ao fabricar briquetes a partir do bagaço da cana-de-açúcar encontrou valores semelhantes para a densidade a granel 0,16 g.cm⁻³, aos encontrado neste estudo. O mesmo autor verificou a eficiência da briquetagem no tocante ao aumento da densidade aparente, uma vez que todos os briquetes apresentaram densidade aproximadamente cinco vezes maior do que a densidade a granel.

Portanto, a granulometria 1 foi a melhor por possibilitar o armazenamento de maior massa em menor espaço.

Tabela 4:Caracterização física dos briquetes.

Métodos	DA (g.cm⁻³)	TU (%)	RA(g)
Método 1	0.91 a	12.19 b	192.19 b
Método 2	0.86 a b	12.96 a	270.32 a
Método 3	0.83 b	12.93 a	275.11 a

Densidade aparente (DA) dos briquetes; Teor de umidade (TU); Resistência a absorção de água (RA).

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

5.1.2. Densidade aparente

Os valores obtidos referentes à análise da densidade relativa aparente com o uso de diferentes granulometrias foram comparados pelo teste Tukey, a 5% de significância, sendo possível observar que o método 1 e o método 3 diferiram estatisticamente entre si.

Na avaliação da densidade aparente, os briquetes produzidos a partir do método 1, ou seja, a menor granulometria, apresentaram densidade 8,79%, superior aos briquetes produzidos a partir da método 3. Esta diferença pode ser justificada pela melhor acomodação das partículas pequenas em relação às grandes (QUIRINO, 2012). Houve uma gradativa diminuição do aumento da densidade entre os métodos 2 e 3, que pode ser explicado pelo tamanho da partícula de cada tratamento.

Segundo Quirino (1991) a densidade aparente dos briquetes varia entre 500 e 1200 kg.m⁻³, o que corresponde aos respectivos resultados encontrados (Tabela 4).

Quirino (1991) diz que tamanhos de partículas maiores tendem a reduzir a densidade do produto final. Este fato ainda foi comprovado por Marozzi (2012), no qual determinou que os briquetes de serragem produzidos a partir da menor granulometria possuem melhores resultados de densidade relativa aparente e por Pereira (2009), que com menores frações de carvão vegetal se obteve significativamente, maiores valores de densidade aparente (0,55 g.cm⁻³ com 25% de aglutinante).

Tecnicamente, o maior valor da densidade aparente é desejável, uma vez que o aumento da densidade aparente proporciona uma maior resistência mecânica, tornando os briquetes mais íntegros após o transporte e possíveis quedas (SOUZA, 2014). Nakashima et.all (2017), obtiveram resultados semelhantes ao encontrados neste estudo, ao produzir briquetes a partir da capim elefante, obteve densidade aparente de 956,90 Kg.m⁻³.

Os briquetes com tratamento método 1 e método 2, mostraram-se com densidade aparente seis vezes maiores do que a granel, já os de método 3, a diferença foi ainda maior, doze vezes mais. Resultado que se assemelha com o encontrado por Pinto (2016) ao produzir briquetes de resíduos industriais, no qual relata que a compactação do material proporcionou elevação de 11,2% da densidade aparente dos briquetes em relação ao material bruto. Silva et. al., (2018), ao avaliarem a densidade de briquetes artesanais produzidos com diferentes tipos de aglutinantes, utilizou-se como matéria para briquetagem o de pó de serra. Com os resultados notou-se que o briquete contendo amido de milho obteve maior densidade aparente que o briquete contendo papel como aglutinante, sendo $1,164 \text{ g.cm}^{-3}$ e $1,144 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente. O autor ainda afirma que a resistência mecânica do briquete pode ser cada vez maior com o aumento da densidade, tendo um menor risco desses serem danificados, facilitando seu transporte e armazenamento.

Desse modo, o efeito do tamanho das partículas dos briquetes produzidos pelo método 1 foi favorável para o aumento da densidade aparente, haja vista que quanto menor o tamanho da partícula melhor a compactação, e conseqüentemente aumenta-se a densidade aparente.

5.1.3. Umidade

Verifica-se que o aumento na quantidade de água como solvente acarretou aumento nos teores de umidade dos briquetes. A umidade em briquetes produzidos pelo método 1 serão menores devido ao fato de ser acrescentando uma menor quantidade de água na sua preparação. Este fato pode ser comprovado quando analisado os valores obtidos no teor de umidade.

Para os resultados referentes ao teor de umidade observa-se que o valor diminuiu para a método 1, em relação aos outros, sendo estatisticamente significativo. Para a método 2 em relação ao método 3 foi inferior o teor de umidade encontrado para os briquetes, mas estatisticamente não significativo, de forma que os dois tipos de briquetes não apresentaram diferença considerável em relação ao teor de umidade (Tabela 4).

Marozzi (2012) encontrou valores semelhantes ao analisar os valores de umidade para palha de milho (15,81%), pergaminho de café (13,92 %) e serragem (13,48%). De acordo com Oliveira (2017), a umidade provê a força coesiva necessária para a aderência das partículas a serem aglomeradas. Esta força também depende da capacidade de adsorção da água pelas partículas, aumentando assim a resistência mecânica.

Os briquetes produzidos a partir dos três métodos apresentaram teores de umidade desejados, uma vez que estão dentro da faixa de umidade recomendada para briquetes.

5.1.4. Resistência à absorção de água.

Os briquetes produzidos de acordo os métodos 2 e 3 foram influenciados no tocante a resistência à absorção de água de forma que não apresentaram diferença significativa entre si. Diferente do método 1, que diferiu dos outros métodos, e apresentou uma maior resistência a absorção de água caracterizando a sua resistência em absorver água ao longo do tempos.

Resultados diferentes foram encontrados por Borghi (2012) que produziu briquetes a partir da biomassa e do cavaco de madeira e por Marozzi (2012), através de briquetes produzidos a partir de resíduos agroindustriais e florestais. Os autores não obtiveram êxito na determinação da resistência à absorção de água dos briquetes, devido à desintegração dos briquetes em contato com a água.

Os briquetes produzidos pelo método 3 representaram um acréscimo de 57,67g em massa do que os briquetes com o método de menor granulometria, essa diferença pode ser explicada pelo tamanho das partículas presente nos briquetes. Ligowski (2015) observou através de briquetes produzidos com fibras de cana-de-açúcar que a maior proporção de fibra aumenta a absorção de água nos compósitos, sendo isto esperado devido às características higroscópicas que as fibras lignocelulósicas apresentam.

Os briquetes não se desintegraram durante a imersão em água, mostrando-se resistentes quando em contanto com água. Os de método 2 e 3 absorveram maior quantidade de água, porém se mantiveram íntegros. Sobretudo, os briquetes produzidos em consonância com o método 1 foram os que mais se afetaram quando em contato com água.

5.1.5. Resistência mecânica ao impacto

Tabela 5: Resistência mecânica ao impacto a partir de diferentes alturas

Métodos	Altura (cm)					Totais	Médias
	30	60	90	120	150		
Método 1	167.00	162.21	165.71	169.07	169.91	833.89	55.59 a
Método 2	146.94	149.29	162.95	108.49	153.27	720.94	48.06 b
Método 3	161.87	151.93	156.49	152.71	158.49	781.49	52.10 a b
Totais	475.81	463.43	485.15	430.27	481.67	2336.32	

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Não ocorreu interação entre os fatores, ou seja, os fatores método e a altura atuam independentemente sobre a variável resposta em estudo. A altura da queda não teve influência na resistência dos briquetes ao impacto, somente os métodos, para analisar este fator foi feito o teste de média com 5% de significância.

Os resultados obtidos no teste de média evidenciaram estatisticamente a diferença entre os método 1 e o método 3. Resultando no maior valor para o método 1 (55,59) e menor valor para o método 3 (48,06). Para os briquetes com maiores granulometrias a resistência ao impacto foi menor, perdendo mais massa em relação aos outros briquetes.

Segundo Souza (2014), partículas com pequenas dimensões, promovem uma densificação e melhor acomodação das partículas no interior da prensa briquetadeira, formando um produto mais sólido e com densidades mais elevadas.

De acordo com os resultados reportados por Borgui (2012), briquetes confeccionados a partir de biomassa com menor dimensão de partículas se mostraram mais resistentes que aqueles produzidos com partículas com maiores dimensões.

Portanto, o método 1 foi o que apresentou maior resistência ao impacto, permanecendo mais íntegro depois de serem lançados de diferentes alturas e sofrendo menos variações em seu peso após as quedas.

6. CONCLUSÃO

O método 1 foi o de maior relevância para a confecção de briquetes, uma vez que apresentou maior densidade relativa a granel e densidade aparente consequentemente maior resistência, menor umidade e maior resistência mecânica a impactos.

REFERÊNCIAS

ALVES JUNIOR, F.T.; GUIMARÃES, J.L.S.; SANTOS, G.A.; LEITE, A.M.F.; BARROS, G.D.T. **Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE**. XXIII Encontro Nac. de Eng. De Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112/86. Rio de Janeiro, 1986.

BEZERRA, H. F. C.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; PEREZZO, A. F.; SILVA, A. P. G.; RAMOS, J. P. F.; PEREIRA, G. A. **Fenos de capim-buffel amonizados com ureia. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, p.561-569, 2014.

BORGHI, M. Da M. **Efeito da granulometria na avaliação dos briquetes**. 2012. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Industrial Madeireiro) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2012.

CARVALHO, C. B. M.; EDVAN, R. L.; CARVALHO, M. L. A. M.; REIS, A. L. A.; NASCIMENTO, R. R. **Uso de cactáceas na alimentação animal e seu armazenamento após colheita**. Archivos de zootecnia, v. 67, n. 259, p. 440-446, 2018

CARVALHO, E.A.; BRINCK, V. **Aglomerção: parte I: briquetagem**. In: Luz AB, Sampaio JA, França SCA. Tratamento de minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT; 2010.

DIAS-FILHO, M.B. 2014. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

DIAS, J.M.C.S.; SANTOS, D. T. dos; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e peletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. 130p.

FERNANDEZ, B. O.; GONÇALVES, B. F.; PEREIRA, A. C. C. ; HANSTED, A. L. S.; PÁDUA, F. A.; RÓZ, A. L.; YAMAJI da, F. M. **Características Mecânicas e Energéticas de Briquetes Produzidos a partir de Diferentes Tipos de Biomassa**. Revista Virtual Química, 2016, 9 (1), *no prelo*.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnicoeconômica e potencial de mercado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Campinas, 2008.

FONTES, P. J. P. D.; QUIRINO, W. F.; ARAKARI, E. O. **Aglutinante para briquetagem de carvão vegetal**. Brasília - DF: Laboratório de produtos florestais, p.1-14.1989.

FURTADO, T.S.; VALIN, M.; BRAND, M.A.; BELLOTE, A.F.J. **Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal**. Pesquisa Florestal Brasileira, vol. 30, n. 62, p. 101-106. 2010.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008.

LIMA JÚNIOR, D.M; RANGEL, A.H.N; URBANO, S.A.; OLIVEIRA, J.P.F.; ARAÚJO, T.L.A. **Silagem para vacas leiteiras no semiárido**, Agropecuária Científica no Semiárido, vol. 9, no. 2, pp. 33-42, 2013.

LIGOWSKI, E.; SANTOS, B. C. dos; FUJIWARA, S. T. **Materiais compósitos a base de fibras da cana-de-açúcar e polímeros reciclados obtidos através da técnica de extrusão**. *Polímeros* [online]. 2015, vol.25, n.1, pp.70-75.

MAROZZI, C. R. B. **Caracterização de resíduos agroindustriais e florestais visando a briquetagem**. 2012. 37 p. Conclusão de curso (engenheiro industrial madeireiro.)- Universidade Federal do Espírito Santo-Centro de ciências agrárias departamento de ciências florestais e da madeira, Espírito Santo, 2012.

MARSHALL, V. M.; LEWIS, M. M.; OSTENDORF, B. **Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A review**. Journal of Arid Environments , Glen Osmond, v. 78, n. 1, p. 1-12,2012.

NAKASHIMA, G. T.; ADHMANN, I. C. S.; HANSTED, A. L. S.; BELINI, G. B.; WALDMAN, W. R.; YAMAJI, F. M. **Materiais Lignocelulósicos: Caracterização e Produção de Briquetes**. Revista. Virtual Química., 2017, 9 (1), 150-162.

NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, M. R.; OLIVEIRA, A. R. de; PEREIRA, K. A. ; SOARES, N. de Á.; RESENDE, E. S.; BELLAN, J.de S.L. N.; RIOS, J. F. **Impacto da qualidade da forragem na performance e saúde do animal.** In: Simpósio mineiro de produção animal, 3., e semana de zootecnia, 10., 2015, Diamantina. Desafios e inovações na produção animal. Diamantina: UFVJM, 2015. p. 74-76.

OLIVEIRA, M.C. de. **Capim Buffel. Produção e manejo nas regiões secas do Nordeste.** Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1993. 18p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 27.)

OLIVEIRA, L. H.; BARBOSA, P. V. G.; LIMA, P. A. F.; YAMAJI, F. M.; SETTE JÚNIOR C. R. **Aproveitamento de resíduos madeireiros de Pinus sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes.** *Revista de Ciências Agrárias* . 2017, vol.40, n.3, pp.683-691. ISSN 0871-018X.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais.** 3. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2006.

PADILLA, E. R. D.; PIRES, I. C. S. A.; YAMAJI, F. M.; FANDIÑO, J. M. M. **Produção e Caracterização Físico-Mecânica de Briquetes de Fibra de Coco e Palha de Cana-de-Açúcar.** *Revista Virtual Química.*, 2016, XX (XX), no prelo

PAULA, L. E. R. da. Caracterização química de resíduos lignocelulósicos visando a produção de energia. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, 2010.

PASCOAL, L.A.F.; BEZERRA, A.P.A.; GONÇALVES, J.S. **Farelo de babaçu: valor nutritivo e utilização na alimentação animal.** *Revista Eletrônica de Nutrição:* vol. 3(4), p.339-345, 2006.

PEREIRA, F. A. **Efeito da granulometria e de aglutinantes nas propriedades de briquetes de finos de carvão vegetal**. 2009. 66 p. Dissertação (Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

PINTO, Q. M. A. **Análise do Desempenho Energético de Briquetes de Resíduos Agroindustriais gerados no Distrito Federal**. 2016. 52f. Dissertação (Trabalho conclusão de curso- Engenharia Florestal) -Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, 2016.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de carvão vegetal e resíduos agrícolas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. 1987. p. 9.

QUIRINO, Waldir Ferreira et al. **Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira X Ray densitometry for waste wood briquetts analysis**. *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 96, p. 525-536, 2012.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 1991.

RAPOSO, S. de M.; DA COSTA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações: Fundamentos e aplicações**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 178 p. v. V.

RODRIGUES JÚNIOR, C. T. ; CARNEIRO, M. S. de S.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, E. S.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; PINTO, M. do S. de C.; ANDRADE, A. C.; PINTO, A. P.; FOGAÇA, F. H. dos S.; CASTRO, K. N. de C. **Produção e composição bromatológica do capim-Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização**. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 2141-2154, 2015 *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 2141-2154, 2015 .

SANTOS, T.C.P da; ALFARO, C. E. P.; FIGUEIREDO, S. M. de. **Aspectos sanitários e de manejo em criações de caprinos e ovinos na microrregião de Patos, região semiárida da Paraíba**, *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 1 2, n.2, p. 206-212, abr/jun. 2011.

SILVA, C. A. da. **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeireiros para fins energéticos** / Claudinei Augusto da Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2007.

SILVA, D. A. DA; YAMAJI, F. M. ; BARROS, J. L. DE; RÓZ, A. L. DA, NAKASHIMA, G. T. **Caracterização de biomassas para a briquetagem**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 45, n. 4, p. 713 - 722 , out. / dez. 2015.

SILVA, D. A.; DA RÓZ, A. L.; PIRES, A. A. F.; CARVALHO, A. M.; NAKASHIMA, G. T.; PÁDUA, F. A.; YAMAJI, F. M. **A Influência da Umidade em Propriedades Mecânicas de Briquetes Produzidos com Resíduos de Madeira (Eucalyptus sp. e Pinus sp.)**. Revista Virtual Química, 2017, 9 (3), 1078-1086.

SILVA, S.C. da; NASCIMENTO JR., D. **Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.121-138, 2007 (supl. especial).

SILVA, D.A.; YAMAJI, F.M.; BARROS, J.L.; DA RÓZ, A.L. & NAKASHIMA, G.T. (2015) - **Caracterização de biomassas para a briquetagem**. *Revista Floresta*, vol. 45, n. 4, p. 713-722.

SILVA V. V; MAGALHÃES, D.S; SIQUEIRA, W. C; ABRAHÃO, S. A; MORALES, M. M; GUEDES, D. M. **Densidade de briquetes artesanais produzidos com diferentes tipos de aglutinantes**. In: Simpósio de Ciências Agrárias do Norte de Minas Gerais (SCIAGRO): **Norte de Minas Gerais: conservando água em ambiente de mudanças. 2018. Januária. Minas Gerais.**

SOUZA, C. **Capim-elefante, uma fonte alternativa de energia e renda para pequenas propriedades rurais**. 57 p. Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2014.

SOUZA, F. **Avaliação da qualidade de briquetes produzidos com seis biomassas agroflorestais por métodos não destrutivos**. 2014. x. 142p., 210-297 mm (EFL/FT/UnB),

Doutor, Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Florestal.

VOLTOLINI, T. V.; ARAUJO, G. G. L. de; SOUZA, R. A. **Silagem de capim-buffel: alternativa para a alimentação de ruminantes na região Semiárida**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 34p.