

# Produção de biomassa, caracterização e potencial energético da espécie *Arundo donax* L. (cana-do-reino) de ocorrência no Distrito Federal (Brasil)

## Production of biomass, characterization and energetic potential of the *Arundo donax* L. (cane-of-kingdom) species occurring in the Federal District

Ailton Teixeira do VALE [1](#); Giordano BRUNO [2](#); Eder Pereira MIGUEL [3](#); Mayara Paula Oliveira MACHADO [4](#); Mila Medeiros FORTES [5](#); Ildeu Soares MARTINS [6](#)

Recebido: 16/05/2017 • Aprovado: 23/06/2017

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
  - [2. Materiais e métodos](#)
  - [3. Resultados e discussões](#)
  - [4. Conclusão](#)
- [Referências](#)

#### RESUMO:

As culturas energéticas são fontes renováveis de produção de energia. Neste sentido, foi realizado um estudo sobre as características energéticas do *Arundo donax*, de ocorrência no Distrito Federal. Foram coletados 753 indivíduos em 30 m<sup>2</sup> de área amostral. Os colmos foram divididos em quatro classes e três posições axiais. O potencial para produção de biomassa seca e de energia é promissor para esta espécie e foi estimado em 66,4 toneladas/hectares e geração de 1.207.816 MJ/ha sem nenhum trato silvicultural.

**Palavras-chaves:** fonte alternativa, bioenergia, densidade energética.

#### ABSTRACT:

Energy crops are renewable sources of energy production. In this sense, a study was carried out on the energy characteristics of *Arundo donax*, occurring in the Federal District. A total of 753 individuals were collected in 30 m<sup>2</sup> of sample area. The stems were divided into four classes and three axial positions. The potential for dry biomass and energy production is promising for this species and was estimated at 66.4 tons/ha and generation of 1,207,816 MJ/ha without any silvicultural treatment.

**Key-words:** alternative source, bioenergy, energy density.

## 1. Introdução

O aumento populacional e a necessidade de mais alimentos associado ao processo acelerado de

industrialização mundial acarretaram o aumento no consumo de energia, inicialmente atendida pelo carvão mineral e petróleo. Hoje, apesar desta demanda cada vez maior, outra se coloca no mesmo nível de importância, a proteção do meio ambiente, e com ela a inviabilidade do uso de combustíveis fósseis. Neste dilema, encontrar novas fontes renováveis de energia para o setor energético torna-se indispensável.

Neste contexto as culturas energéticas são uma opção, pois têm como objetivo a produção de biomassa para utilização como fonte de energia (ALLEN *et al*, 2014). No Brasil, conforme Embrapa (2012) destacam-se as florestas energéticas, a partir de espécies de rápido crescimento como o eucalipto e gramíneas semi-perenes como a cana-de-açúcar e o capim-elefante que possuem alta eficiência de fixação do carbono atmosférico.

As gramíneas passaram a ter atenção no setor energético na década de 1980, principalmente na Europa e Estados Unidos, por causa do seu alto rendimento de produção, baixo impacto no ambiente e composição lignocelulósica para produção de combustível sólido (VAZ JUNIOR, 2011). Na Europa e Estados Unidos a gramínea *Arundo donax* L. vem sendo estudada como cultura energética, pois apresenta elevado potencial produtivo e características físico-químicas adequadas a produção de biomassa energética (EMBRAPA, 2012).

Considerando as mesmas condições ambientais *Arundo donax* é capaz de produzir maior quantidade de biomassa e estocar maior quantidade de carbono em comparação a muitas culturas (RIRDC, 2010). Segundo Cosentino (2014) *Arundo donax* é uma cultura própria para terras marginais tanto do ponto de vista agrônômico quanto econômico e social, não havendo, portanto, competição com a produção alimentar.

A espécie *Arundo donax* é pouco conhecida no Brasil como uma cultura de potencial energético, carecendo de pesquisas nesta área. Assim, este trabalho teve como objetivo a análise do potencial energético da cana-do-reino (*Arundo donax* L.).

---

## 2. Materiais e métodos

O estudo foi realizado no Distrito Federal – DF, inicialmente com um levantamento das áreas de ocorrência da espécie *Arundo donax*. Após levantamento de áreas de ocorrência uma área de 53,6 ha, localizada nas coordenadas geográficas centrais 15°84'S e 47°93'W, foi escolhida para a coleta. Neste local, com auxílio de GPS, foram mapeadas e sorteados aleatoriamente 30 parcelas amostrais medindo 1 m<sup>2</sup> cada, de onde foram colhidos todos os colmos.

Após o corte e identificação foram obtidos a altura, o diâmetro na base e a massa úmida de campo (Muc) de cada colmo. Foram retirados de cada colmo três discos com aproximadamente 3 cm de comprimento, considerando as posições: base, meio e topo. Cada um destes discos foi dividido em duas partes: uma para o cálculo do teor de umidade de campo e a outra para o teor de umidade máxima e densidade básica.

Para os ensaios de análise imediata e poder calorífico, os colmos foram separados em quatro classes de altura. Dentro de cada classe foi escolhido, ao acaso, 5 amostras, cada uma composta por 2 colmos. Em seguida os colmos referentes a cada classe foram transformados em palitos, moídos, classificados em peneira abaixo de 60 "mesh".

A determinação da umidade e da densidade baseou-se em na norma na Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1977). O procedimento para análise imediata teve com base a norma NBR 8112/86 da ABNT (1986) e, para determinação do poder calorífico superior baseou-se na norma NBR 8633/84 da ABNT (1984).

A densidade energética, determinada pelo produto entre a densidade básica e o poder calorífico superior, fornece a quantidade de calor por metros cúbicos sólidos de cana-do-reino, conforme a Equação 01. A massa seca de campo foi estimada, segundo Campos *et al.* (2013), conforme a Equação 02.

Em que:  $\rho_e$  = Densidade Energética dada em kJ/m<sup>3</sup>; PCS = Poder Calorífico Superior e kJ/kg,  $\rho_b$  = Densidade básica em kg/m<sup>3</sup>.

$$M_{sc} = M_{uc} \times (M0\% \times Mu)$$

02

Em que:  $M_{sc}$  – massa seca estimada para campo (kg);  $M_{uc}$  – massa úmida pesada no campo (kg);  $M0\%$  – massa seca da amostra em laboratório (g);  $Mu$  – massa úmida da amostra em laboratório (g).

O modelo de delineamento do experimento foi do tipo fatorial inteiramente casualizado com dois fatores (4 classes x 3 posições) x cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais (u.e.) para cada variável (teor de materiais voláteis, teor de cinza, carbono fixo, poder calorífico superior, densidade básica e densidade energética).

Os resultados finais foram submetidos à análise da variância (ANOVA), mediante o teste "F" a 5% de significância e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1. Produção de biomassa.

Nas 30 parcelas amostradas foram encontrados 753 colmos, com média de  $25 \pm 8$  colmos/m<sup>2</sup>, variando entre 13 e 44 colmos/m<sup>2</sup>. A altura variou de 1,60 a 7,97 m, semelhante aos resultados encontrados por Simões (2013) para um grupo de espécies adultas de *Arundo donax* L. no Distrito Federal, cujos valores alternaram entre 0,31 e 6,1 m.

Simões (2013), afirmou que o diâmetro pode chegar a mais de 2,0 cm, conforme resultado encontrado neste trabalho, onde o diâmetro médio variou de 0,98 e 3,35 cm. Vasconcelos *et al.* (2007), em experimento implantado na Estação Experimental Cascata, na zona rural de Pelotas, no Rio Grande do Sul, obtiveram 1,3 cm de diâmetro médio.

A área basal individual média foi de 0,00032 m<sup>2</sup>, já a área basal total foi de 86,15 m<sup>2</sup>/ha, muito superior, por exemplo, à plantios de eucalipto. A explicação para a área basal elevada neste estudo é a grande densidade de indivíduos por metro quadrado (25 colmos/m<sup>2</sup>).

A biomassa verde teve valor de  $0,50 \pm 0,41$  kg/colmo com alternância entre 0,04 e 2,06 kg/colmo, com total de 12,75 kg/m<sup>2</sup>. Vasconcelos *et al.* (2007) encontraram produção média de biomassa verde de 2,09 kg/m<sup>2</sup> no terceiro ano de implantação da cultura de *Arundo donax*, na zona rural de Pelotas, Rio Grande do Sul.

A massa seca de colmo foi de  $0,26 \pm 0,20$  kg/colmo alternando de 0,02 a 0,96 kg/colmo. Correspondendo aproximadamente à metade da massa da biomassa verde obtida. Vasconcelos *et al.* (2007) encontraram valores semelhantes aos obtidos nesta pesquisa para as massa seca e massa verde para um povoamento de 3 anos de *Arundo donax* no Rio Grande do Sul, tendo obtido valor em torno de 56% da matéria verde. Na Tabela 1 estão os números de colmos coletados por classe de altura bem como a massa seca por classe e por colmo.

**Tabela 1.** Número de indivíduos e massa seca por classe de altura.  
**Table 1.** Number of individuals and dry mass by height class.

Classe	H (m)	Nº Indivíduos	Massa seca por classe (kg)	Massa seca por colmo (kg)
1	1,60 a 3,18	257	28,48	0,111

<b>2</b>	3,19 a 4,78	345	82,48	0,239
<b>3</b>	4,79 a 6,02	88	43,23	0,491
<b>4</b>	> 6,02	63	45,00	0,714
<b>Total (30m<sup>2</sup>)</b>		<b>753</b>	<b>199,19</b>	<b>0,265</b>

Em relação à produção de biomassa seca de colmo a estimativa para a área de estudo foi de 6,64 kg/m<sup>2</sup> de biomassa seca a 0% de umidade. Simões (2013) obteve para o Distrito Federal valores de 0,75 kg/m<sup>2</sup> para indivíduos jovens e 4,47 kg/m<sup>2</sup> para indivíduos adultos, totalizando 5,22 kg/m<sup>2</sup>. Vasconcelos *et al.* (2007), em um plantio experimental de *Arundo donax* com 3 anos de idade na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, encontraram 0,67 kg/m<sup>2</sup> para colmos e 0,49 kg/m<sup>2</sup> para folhas, totalizando 1,16 kg/m<sup>2</sup> de matéria seca. Califórnia Invasive Plant Council - Cal-IPC (2011), em um estudo de distribuição de *Arundo donax*, em 14 locais distintos das bacias costeiras do sul da Califórnia, encontrou 15,5 kg/m<sup>2</sup> de biomassa seca. De modo geral, neste trabalho, foram encontrados 382,65 kg/30m<sup>2</sup> de massa verde, com 199,19 kg/30m<sup>2</sup> de massa seca, correspondendo à aproximadamente 52% da biomassa verde total.

O maior número de colmos apresentado pela classe 2, pode ser explicado pela densidade de indivíduos por metro quadrado, ou seja, indivíduos de altura e diâmetro menor apresentaram maior adensamento entre si, já os indivíduos com altura e diâmetro maiores apresentaram menor adensamento, devido provavelmente à competição.

### 3.2. Caracterização energética.

Na Tabela 2 e 3 são apresentados os valores de "F" para as variáveis estudadas e a Tabela 3 o teste de Tuckey.

**Tabela 2.** Valores de "F" para a análise imediata de colmos de *Arundo donax*.  
**Table 2.** Values of "F" for immediate analysis of culms of *Arundo donax*.

FV	GL	Valores de "F"		
		Material Volátil (%)	Cinzas (%)	Carbono Fixo (%)
Classe	3	6,29**	18,31**	27,01**
Posição axial	2	2,63ns	48,79**	23,66**
C x Pa	6	2,19ns	1,48ns	1,33ns
Resíduo	48			

FV - fator de variação; GL - graus de liberdade; \* - significativo a 5%; ns - não significativo a 5%.

**Tabela 3.** Valores de "F" para a o poder calorífico superior, densidade básica e densidade energética de colmos de *Arundo donax*.  
**Table 3.** Values of "F" for the calorific value, basic density

FV	GL	Valores de "F		
		Densidade básica (kg/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico (kcal/kg)	Densidade energética (kcal/m <sup>3</sup> )
Classe	3	8,85**	12,23**	6,80**
Posição axial	2	7,25**	13,03**	6,12**
C x Pa	6	0,46ns	1,09ns	0,50ns
Resíduo	48			

FV - fator de variação; GL - graus de liberdade; \* - significativo a 5%; ns - não significativo a 5%.

**Tabela 4.** Valores médios e teste de Tuckey para material volátil (MV), cinzas (CZ), carbono fixo (CF), poder calorífico superior (PCS), densidade básica (pb) e densidade energética (pe) para colmos de *Arundo donax* em diferentes posições axiais e classe de altura.

**Table 4.** Average values and Tuckey test for volatile material, ash, fixed carbon, calorific value, density and energy density for culms *Arundo donax* in different axial positions and height class.

Propriedades	Classes de altura	Posição axial					
		Base		Meio		Topo	
MV (%)	1	79,18	a	78,81	a	77,78	ab
	2	77,82	b	78,68	ab	78,42	a
	3	77,08	c	78,01	b	77,62	b
	4	77,36	bc	77,49	b	78,10	ab
CZ (%)	1	4,24	a C	5,00	a B	6,38	a A
	2	3,59	b B	4,06	b B	5,33	b A
	3	3,60	b B	3,80	b B	5,00	b A
	4	3,61	b B	3,69	b B	4,46	c A
CF (%)	1	16,57	c A	16,18	c A	15,82	c A
	2	18,57	b A	17,32	b B	16,24	b C
	3	19,36	a A	18,17	a B	17,37	a C

	4	19,01	ab	A	18,81	a	A	17,42	a	B
PCS (kj/kg)	1	18.091	b	A	17.991	b	A	17.736	c	B
	2	18.417	a	A	18.317	a	A	17.970	b	B
	3	18.283	a	A	18.275	a	A	18.116	ab	A
	4	18.329	a	A	18.317	a	A	18.225	a	A
pb (kg/m3)	1	595	a	B	675	a	A	662	a	A
	2	570	ab	A	612	b	A	606	b	A
	3	537	bc	B	590	bc	A	561	b	AB
	4	513	c	B	564	c	AB	593	b	A
pe (Mj/m3)	1	10.771	a	B	12.156	a	A	11.763	a	A
	2	10.499	ab	A	11. 227	b	A	10.896	ab	A
	3	9.828	bc	B	10.775	b	A	10.174	b	AB
	4	9.408	c	B	10.347	b	A	10.812	b	A

Valores médios seguidos de mesmas letras maiúsculas, na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Houve uma tendência de diminuição no teor de materiais voláteis com o aumento da altura do colmo. Com valor médio de 78,02%, sendo a classe C1 (78,59%) com maior teor de voláteis, seguido da C2 (78,28%), C3 (77,56%) e C4 (77,65%). Para as classes C4 e C3, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade. Nichol (2012), em plantações de *Arundo donax*, em Portland, obteve 63,1% de material volátil e Jeguirim *et al.* (2010) encontraram 68,4% de materiais voláteis, para a mesma espécie colhida em plantações energéticas na França.

Em comparação com outras espécies, Moreira (2012), encontrou 78,15% de materiais voláteis para bambu (*Bambusa vulgaris*). No sentido axial, não houve diferença significativa, com valores de 77,85%, 78,23% e 77,98% para base, meio e topo, respectivamente.

O valor médio de cinzas para a cana do reino foi de 4,40%. O teor médio de cinzas da classe C1 foi a maior (5,21%), diferenciando significativamente das demais. Isto indica para as condições do estudo, uma relação direta entre teor de cinzas e altura do colmo. Jeguirim *et al.* (2010) obtiveram 5% de cinzas, em plantações de 3 anos de *Arundo donax* na França.

Com relação às posições base, meio e topo, houve diferenças significativas a 5% de probabilidade do topo em relação às demais seções. O topo apresentou maior teor de cinzas com 5,29%, seguindo de 4,14% e 3,76% para meio e base, respectivamente. Moreira (2012) obteve o mesmo comportamento com a espécie *Bambusa vulgaris*, proveniente de plantações de bambu na Bahia, bem como Li (2004) com a espécie *Phyllostachys pubescens*, coletadas na Floresta Nacional Kisatchie, em Pineville, Louisiana nos Estados Unidos. Tal fato pode ser explicado pela concentração de feixes fibrovasculares que aumentam da base para o topo,

conferindo maior densidade no topo (BERNDSSEN, 2008).

Para o teor de carbono fixo a classe C4 apresentou maior valor com 18,41%, seguindo de 18,30% para C3, 17,38% para C2 e 16,19% para C1, com média de 17,57%. Jeguirim *et al.* (2010) encontraram 18,4% de carbono fixo, enquanto Nichol (2012) obteve 14,3% de carbono fixo com *Arundo donax*.

O teor de carbono fixo em relação à posição axial apresentou diferença significativa à 5% em ambas as seções. A base teve maior teor de carbono fixo, com 18,38%, seguido de 17,62% e 16,71% do meio e topo. Moreira (2012), em experimento com *Bambusa vulgaris* proveniente de plantio da Bahia, verificou o mesmo comportamento.

Os colmos da classe C4 apresentaram o maior poder calorífico superior com 18,290 MJ/kg, seguido de 18,235 MJ/kg, 18,225 MJ/kg e 17.391 MJ/kg de C2, C3 e C1, respectivamente; com média de 18,280 MJ/kg. Jeguirim *et al.* (2010) encontraram valores de 17,7 MJ/kg. Com relação as posições axiais o topo diferiu significativamente do meio e da base, apresentando menor valor de poder calorífico superior com 18,225 MJ/kg.

Para base e meio não houve diferença significativa, porém, a base obteve o valor mais alto com 18,280 MJ/kg, seguindo por 18,225 MJ/kg do meio. Observou-se um crescente de ganho energético do topo para a base. Moreira (2012) encontrou a mesma tendência, e explica que isto é possível graças a razão da distribuição inversa de cinzas em relação ao poder calorífico superior, ou seja, uma tendência de ter maiores teores de cinza na parte aérea.

As classes C1 e C2 foram as que obtiveram as maiores médias da densidade básica, com 644 a 596 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. As classes C3 e C4 diferiram significativamente das anteriores, com menores médias, 563 kg/m<sup>3</sup> e 557 kg/m<sup>3</sup>, nesta ordem e a média geral foi de 590 kg/m<sup>3</sup>. A densidade básica variou no sentido base para topo com o meio e o topo atingindo maiores densidades com 610 kg/m<sup>3</sup> e 606 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Moreira (2012) encontrou valores médios próximos, com o mesmo comportamento de variação, com densidade básica do topo de 628 kg/m<sup>3</sup>, meio 591 kg/m<sup>3</sup> e 538 kg/m<sup>3</sup> para base.

Essa tendência é explicada pela diminuição do volume de espaços vazios da base para o topo e que pode ser observada pela variação da umidade máxima neste sentido, em que a classe C1 (77,41%) apresentou menor teor de umidade, seguindo pelas classes C2 (82,54%), C3 (92,93%) e C4 (99,92%). O mesmo ocorreu nas posições axiais, com topo apresentando menor teor de umidade (71,57%) seguido pelo meio (78,78%) e pela base (93,21%).

A densidade energética apresentou uma relação inversa ao poder calorífico superior, em função da maior influência da densidade dos colmos. Isso ocorreu por causa da alta densidade básica presente nas primeiras classes. Vale *et al.* (2017) em um estudo de predição da densidade energética de *Bambusa vulgaris* por meio de redes neurais, encontraram correlação de 0,97 a densidade básica e de 0,29 com o poder calorífico. A classe C1 foi a de maior valor de densidade energética com 11.563 MJ/m<sup>3</sup>, seguido por C2, C3 e C4, diferindo significativamente entre si. A média geral da densidade energética foi 10.721 MJ/m<sup>3</sup>.

As seções base, meio e topo, indicaram uma tendência de ganho energético da base para o topo. O meio e o topo diferiram significativamente a 5% em relação a base, apresentando maiores valores energéticos.

---

## 4. Conclusão

O potencial para produção de biomassa seca e de energia é promissor para o *Arundo donax*, estimando em cerca de 66,4 toneladas por hectare, gerando 1.207.816 MJ/ha ou 335.504,44 kWh/ha em condições naturais, sem nenhum trato silvicultural. As posições axiais da base e meio de colmos com altura a partir de 3,19 m (C2) e diâmetro a partir de 2 cm apresentaram melhor resultado para produção e bioenergia.

Para uma avaliação mais aprofundada das características ideais de utilização desta espécie como fonte de matéria-prima para energia é necessário a implantação de um experimento para

avaliar as taxas de crescimento e mortalidade, os tratos culturais ideais, bem como o rendimento ao longo dos anos de implantação.

---

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8633/84. Carvão vegetal: **Determinação do poder calorífico**. São Paulo, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112/86. Carvão vegetal: **Análise Imediata**. São Paulo, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190/77. **Determinação da densidade e umidade da madeira**. São Paulo, 1984.
- ALLEN, B., KRETSCHMER, B., BALDOCK, D., MENADUE, H., NANNI, S. E; TUCKER, G. Space for energy crops: **assessing the potential contribution to Europe's energy future**. (2014). Report produced for Bird Life Europe, European Environment al Bureau and Transport & Environment. IEEP, London.
- BERNDSEN, R. S. **Caracterização anatômica, física e mecânica de lâminas de bambu (*Phyllostachyspubescens*)**. Dissertação de Mestrado de Engenharia de Materiais. Departamento de Pesquisa e Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. *Campus de Curitiba*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- CALIFÓRNIA INVASIVE PLANT COUNCIL - CAL-IPC. *Arundo donax* (giant reed): Distribuion and Impact Report. **State Water Resources Control Board**. N° 06-374-559-0. California, p. 238, 2011.
- CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; OLIVEIRA, L. A.; SANTOS, L. A. C.; AQUINO, R. E. Spatial variability of physical attributes in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. **R. CiAgron**, 2013; 56: 149-159p.
- COSENTINO, S. L. et al. Response of giant reed (*Arundo donax* L.) to nitrogen fertilization and soil water availability in semi-arid Mediterranean environment. **European Journal of Agronomy**. [S.l.], v. 60, p. 22-32, oct. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Potencial do capim-elefante para produção de energia renovável**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2012/potencial-do-capim-elefante-para-producao-de-energia-renovavel/>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- JEGUIRIM, M.; DORGE, S; TROUVÉ, G. Thermogravimetric analysis and emission characteristics of two energy crops in air atmosphere: *Arundo donax* and *Miscanthus giganthus*. **Biouresource Technology**, vol. 191, pg. 788-793, 2010.
- LI, X. **Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing**. Dissertation, The School of Renewable Natural Resources, Louisiana, 2004. 76p.
- MOREIRA, A. C. O. **Caracterização de *Bambusa vulgaris* Schard. ex J.C. Wendl. var. vulgaris, e dos Resíduos de Caldeira no Processo de Conversão Térmica de Energia**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-188/2012, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 72p., 2012.
- NICHOL, C.; WESTOVER, T. L. *Arundo donax* Test Results. Idaho National Laboratory – INL. **Department of Energy National Laboratory**, U.S., Idaho, 2012.
- RURAL INDUSTRIES RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION - RIRDC. **Australia. Commercial potential of giant reed for pulp, paper and biofuel production**. Kingston, 2010. 152 p. 2010
- SIMÕES, K. C. C. **Ocorrência e caracterização da espécie invasora *Arundo donax* L. (cana-do-reino) no Distrito Federal, Brasil**. Dissertação de Mestrado (UnB-IB-Dep.

Ecologia), 2013.

VALE, A. T.; MIGUEL, E. P.; MOREIRA, A. C. O.; LIMA, C. M.; ORELLANA, B. B. M. A.; FORTES, M. M.; MACHADO, M. P. O.; GONÇALEZ, J. C.; MARTINS, I. S. Artificial neural networks in predicting energy density of *Bambusa vulgaris* in Brazil. **African Journal of Agricultural Research**. Vol. 12 (10), p. 856-862. DOI: 10.5897/AJAR2016.12083, ISSN 1991-637X 2017.

VASCONCELOS, G. C.; COMES, J. C. C. Propagação assexuada da cana-do-reino (*Arundo donax* L.). **Comunicado Técnico 158**, ISSN 1806-9185. Pelotas, RS. Abril, 2007.

VASCONCELOS, G. C.; GOMES, J. C. C.; CORRÊA, L. A. V. Rendimento de Biomassa da Cana-do-Reino (*Arundodonax* L.). Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2007. 23 p.

VAZ JUNIOR, S. Biorrefinarias: cenários e perspectivas. Brasília. DF: **Embrapa Agroenergia**, 2011.

- 
1. Professor Associado do departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília - UnB. É professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da UnB. E-mail: [ailton.vale@gmail.com](mailto:ailton.vale@gmail.com)
  2. Engenheiro Florestal. Doutorando no Programa de Produção Vegetal da Universidade Federal do Acre – UFAC. E-mail: [Giordano.silva@gmail.com](mailto:Giordano.silva@gmail.com)
  3. Professor Adjunto do departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília - UnB. É professor do programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da UnB. E-mail: [miguelederpereira@unb.br](mailto:miguelederpereira@unb.br)
  4. Engenheira Florestal. Possui Mestrado em Ciências Florestal pela Universidade de Brasília - UnB. E-mail: [mayara\\_paula@hotmail.com](mailto:mayara_paula@hotmail.com)
  5. Engenheira Florestal. Aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília. E-mail: [medeirosmyla@gmail.com](mailto:medeirosmyla@gmail.com)
  6. Professor Associado do departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília - UnB. É professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da UnB. E-mail: [ildmarti@unb.br](mailto:ildmarti@unb.br)
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 46) Año 2017  
Indexado em Scopus, Google Scholar

[Índice]

[No caso de você encontrar quaisquer erros neste site, por favor envie e-mail para [webmaster](mailto:webmaster)]