

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 16/12/2023

At the author's request, the full text of this thesis / dissertation will not be available online until December 16, 2023

EMMANUEL ZULLO GODINHO

**A LÓGICA *FUZZY* APLICADA AO PRÉ-TRATAMENTO DO CAPIM-ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*)**

Botucatu

2021

EMMANUEL ZULLO GODINHO

**A LÓGICA *FUZZY* APLICADA AO PRÉ-TRATAMENTO DO CAPIM-ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*)**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Lima Caneppele

Coorientador: Prof. Dr. Salah Din Mahmud Hasan

Botucatu

2021

G5851	<p>Godinho, Emmanuel Zullo</p> <p>A lógica fuzzy aplicada ao pré-tratamento do capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>) / Emmanuel Zullo Godinho. -- Botucatu, 2021</p> <p>107 p. : il., tabs., fotos</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Fernando de Lima Caneppele</p> <p>Coorientador: Salah Din Mahmud Hasan</p> <p>1. Capim-elefante. 2. Lógica fuzzy. 3. Revisão Bibliográfica Sistemática. 4. Planejamento experimental fatorial. 5. Pré-tratamento alcalino. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu








CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: A LÓGICA FUZZY APLICADA AO PRÉ-TRATAMENTO DO CAPIM-ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*)

AUTOR: EMMANUEL ZULLO GODINHO

ORIENTADOR: FERNANDO DE LIMA CANEPPELE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

- P/ Prof. Dr. FERNANDO DE LIMA CANEPPELE (Participação Virtual)
Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP 
- P/ Prof. Dr. LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP 
- P/ Prof. Dr. JAIR ANTÔNIO CRUZ SIQUEIRA (Participação Virtual)
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas / Universidade Estadual do Oeste do Paraná 
- P/ Prof.ª Dr.ª GLAUCIA APARECIDA PRATES (Participação Virtual)
Curso de Engenharia Industrial Madeireira / UNESP - Campus Experimental de Itapeva 
- P/ Prof. Dr. LUIS FERNANDO SOARES ZUIN (Participação Virtual)
Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos 

Botucatu, 16 de dezembro de 2021

*A minha amada família,
Celso, Tereza Diva, Alexandre, Anna Luiza,
Gabriel e Máisa*

dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois com ele mantive minha fé e perseverança.

À minha família, em especial, meu pai Celso Francisco Godinho Junior, minha mãe Tereza Diva Zullo Godinho, minha querida e amada esposa Máisa Liene dos Santos e meu filho amado Gabriel Mees Godinho por sempre me apoiarem em todas as minhas decisões. Aos meus irmãos Alessandre Zullo Godinho e Anna Luiza Zullo Godinho pelo companheirismo no dia a dia.

Ao Professor Dr. Fernando de Lima Caneppele, pela orientação e dedicação durante todo esse período e pelos ensinamentos durante a realização da pesquisa.

Ao meu tio Prof. Dr. José Roberto Saglietti, pela orientação e encaminhamento geral dos meus estudos no Doutorado.

Ao colega de doutorado Valter de Souza, que desprendeu tempo em me auxiliar na elaboração e desenvolvimento da minha tese.

A todos os colegas do corpo discente do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura.

Ao corpo docente do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura.

“É um velho preceito meu que é de capital importância para um jovem autor publicar (se for com o nome dele) apenas o que for muito bom e novo; de forma que o público creia nele e leia o que ele escreve”.

MOORE, J.; DESMOND, A. **Darwin**: a vida de um evolucionista atormentado. Tradução de Cynthia Azevedo. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Geração Editorial, 2001. p. 616.

RESUMO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) apresenta diversas funcionalidades para o agronegócio, sendo utilizado como fonte de alimentos, produção de energia elétrica via queima do bagaço em termoelétricas e produção de bioetanol. Contudo, o agronegócio sente uma preocupação para o uso dessa biomassa como fonte de combustível renovável por possuir um alto custo no processo de pré-tratamento. Por isso, com a utilização de estatísticas apuradas principalmente com o planejamento experimental fatorial, pode-se obter melhores resultados no processo produtivo e, além da aplicação de modelos matemáticos como a lógica nebulosa ou *fuzzy* que otimiza o processo, trazendo resultados mais próximos dos reais, principalmente buscando redução nos custos de produção e conseqüentemente o aumento na rentabilidade final. Este trabalho foi dividido em 3 partes em forma de capítulos. Foi realizado no capítulo 1 uma Revisão Bibliográfica Sistemática buscando publicações acadêmicas científicas sobre a aplicabilidade da lógica *fuzzy* no pré-tratamento alcalino de NaOH no capim-elefante. No capítulo 2, Delineamento Inteiramente Casualizado, no esquema fatorial 5x5 (5 níveis de temperatura e 5 níveis de concentrações sobre os teores de lignina e celulose) em quadruplicata, onde a montagem de um experimento como este demandaria um grande volume de análises. Por fim, no capítulo 3, após a aplicação dos dados reais de laboratório, foi realizado uma otimização do processo de pré-tratamento com NaOH utilizando a lógica *fuzzy*. Os resultados apresentados foram: capítulo 1, nos 86 artigos consultados e analisados não apresentou nenhum artigo sobre o uso da lógica *fuzzy* na otimização do processo de pré-tratamento do capim-elefante com NaOH, no capítulo 2, foi obtido os melhores resultados de concentração e temperatura para a maior exposição da celulose e redução da lignina na célula, já no capítulo 3, utilizando os dados reais de laboratório e, aplicando as regras *fuzzy* desenvolvidas para este modelo, resultou dados que otimizam o processo produtivo. Para a celulose, os melhores pontos na concentração de NaOH estão entre 1,15 a 2,15% com temperaturas entre 100 a 102,5°C, para a redução da lignina os melhores pontos de concentração de NaOH estão entre 0,5 a 1,15% e para temperaturas entre 85,0 a 91,5 °C.

Palavras-chave: *Pennisetum purpureum*; pré-tratamento de NaOH; celulose; lignina; lógica nebulosa.

ABSTRACT

Elephant grass (*Pennisetum purpureum*) has several features for agribusiness, being used as a food source, production of electricity through the burning of bagasse in thermoelectric plants and production of bioethanol. However, agribusiness is concerned about the use of this biomass as a source of renewable Fuel because it has a high cost in the pre-treatment process. Therefore, with the use of statistics, mainly with factorial experimental planning, better results can be obtained in the production process and, in addition to the application of mathematical models such as *fuzzy* or *fuzzy* logic, which optimizes the process, bringing results closer to real ones, mainly seeking to reduce production costs and consequently increase final profitability. This work was divided into 3 parts in the form of chapters. In chapter 1, a Systemic Bibliographic Review was carried out seeking scientific academic publications on the applicability of *fuzzy* logic in the alkaline pre-treatment of NaOH in elephant grass. In chapter 2, Fully Randomized Design, in a 5x5 factorial scheme (5 levels of temperature and 5 levels of concentrations over the lignin and cellulose contents) in quadruplicate, where the setup of an experiment like this would demand a large volume of analysis. Finally, in chapter 3, after applying the real laboratory data, an optimization of the NaOH pretreatment process was performed using *fuzzy* logic. The results presented were: chapter 1, in the 86 articles consulted and analyzed, there was no article on the use of *fuzzy* logic in the optimization of the pre-treatment process of elephant grass with NaOH, in chapter 2, the best concentration results were obtained and temperature for greater exposure of cellulose and reduction of lignin in the cell, already in chapter 3, using real laboratory data and, applying the *fuzzy* rules developed for this model, resulted in data that optimize the production process. For cellulose, the best NaOH concentration points are between 1.15 to 2.15% with temperatures between 100 to 102.5°C, for lignin reduction the best NaOH concentration points are between 0.5 to 1.15% and for temperatures between 85.0 to 91.5 °C.

Keywords: *Pennisetum purpureum*; pretreatment NaOH; cellulose; lignin; *fuzzy* Logic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1 – Lógica *fuzzy* aplicada ao pré-tratamento do capim-elefante: uma Revisão Bibliográfica Sistemática

Figura 1 - Publicações por ano das bases científicas (<i>ScienceDirect, Scopus, Web of Science, Scielo e SpringerLink</i>)	34
Figura 2 - Publicações por ano relacionado ao tema	43
Figura 3 - Nuvem de palavras	44
Figura 4 - Número de documentos por palavra-chave	45

Capítulo 2 – Pré-tratamento alcalino com NaOH no capim-elefante *Pennisetum purpureum*

Figura 1 - Fluxograma das metodologias experimentais para a caracterização química a partir de pré-tratamento de NaOH do capim-elefante	60
Figura 2 - Fracionamento dos constituintes da biomassa após pré-tratamento	62
Figura 3 - Fluxograma da metodologia de análise da celulose (%)	64
Figura 4 - Fluxograma da metodologia de análise da lignina (%)	65
Figura 5 - Fluxograma da metodologia do pré-tratamento com NaOH na biomassa ...	66
Figura 6 - Fracionamento dos constituintes da biomassa após pré-tratamento	67
Figura 7 - Superfície de resposta da celulose para diferentes níveis de temperatura (T) e da concentração de NaOH (C) obtidas pelo DIC fatorial (5 x 5)	72
Figura 8 - Superfície de resposta da lignina para diferentes níveis de temperatura, em (°C) e da concentração de NaOH (%) obtidas pelo DIC fatorial (5 x 5)	73

Capítulo 3 – Otimização do pré-tratamento de capim-elefante com o uso da lógica *fuzzy*

Figura 1 - Sistema baseado em regras <i>fuzzy</i> para determinação da celulose, em porcentagem.....	79
Figura 2 - Sistema baseado em regras <i>fuzzy</i> para determinação da lignina, em porcentagem	80
Figura 3 - Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – Concentração de NaOH	81

Figura 4 - Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – Temperatura	82
Figura 5 - Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de saída - Celulose (%)	83
Figura 6 - Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de saída - Lignina (%)	84
Figura 7 - Resposta otimizada pelo conjunto <i>fuzzy</i> na celulose em 3D	87
Figura 8 - Mapa de contorno da celulose da superfície difusa	87
Figura 9 - Método de inferência de Mandani para a concentração entre 0,0 a 2,75% e a temperatura entre 70,0 a 130,0°C, com a taxa de celulose = 55,0%	89
Figura 10 - Indicação de maior grau de adesão para o conjunto <i>fuzzy</i> no ponto “Alto” para a celulose = 55,0%	89
Figura 11 - Resposta otimizada pelo conjunto <i>fuzzy</i> na lignina em 3D	90
Figura 12 - Mapa de contorno da lignina da superfície difusa	90
Figura 13 - Método de inferência de Mandani para a concentração de 1,38% e uma temperatura entre 100,0°C, com a taxa de lignina = 10,0%	92
Figura 14 - Indicação de maior grau de adesão para o conjunto <i>fuzzy</i> para o melhor para a lignina = 10,0%	92

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – Lógica *fuzzy* aplicada ao pré-tratamento do capim-elefante: uma Revisão Bibliográfica Sistemática

Tabela 1 - Testes para definição dos Strings de busca unidimensional.....31

Capítulo 2 – Pré-tratamento alcalino com NaOH no capim-elefante *Pennisetum purpureum*

Tabela 1 - Concentração e volume de NaOH aplicados nas amostras com o capim-elefante.....65

Tabela 2 - Valores codificados e reais das variáveis independentes em um DIC fatorial (5x5)67

Tabela 3 - Caracterização do capim-elefante cru ou *in natura*68

Tabela 4 - Resumo da interação Fator A x Fator B para caracterização da celulose (%)69

Tabela 5 - Resumo da interação Fator A x Fator B para caracterização da lignina (%)69

Tabela 6 - Composição estrutural do capim-elefante70

Tabela 7 - Caracterização do capim-elefante *in natura* e pré-tratado com NaOH a 1,0; 2,0 e 3,0%71

Tabela 8 - Análise de variância para efeitos principais e interações celulose (%)71

Tabela 9 - Análise de variância para efeitos principais e interações lignina (%)71

Capítulo 3 – Otimização do pré-tratamento de capim-elefante com o uso da lógica *fuzzy*

Tabela 1 - Definição das funções de pertinência da variável de entrada - Concentração de NaOH80

Tabela 2 - Definição das funções de pertinência da variável de entrada – Temperatura.....81

Tabela 3 - Definição das funções de pertinência da variável de saída - Celulose (%)82

Tabela 4 - Definição das funções de pertinência da variável de saída - Lignina (%)83

Tabela 5 - Combinações das variáveis de entrada gerando pontos nas variáveis de saída dos conjuntos *fuzzy* para a geração da Base de Regras84

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	21
	CAPÍTULO 1 – LÓGICA FUZZY APLICADA AO PRÉ-TRATAMENTO DO CAPIM-ELEFANTE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	22
1.1	INTRODUÇÃO.....	23
1.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
1.2.1	ENTRADA.....	27
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
1.3.1	PROCESSAMENTO.....	30
1.3.2	SAÍDA.....	30
1.4	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	CAPÍTULO 2 - PRÉ-TRATAMENTO ALCALINO COM NAOH NO CAPIM-ELEFANTE <i>Pennisetum purpureum</i>.....	53
2.1	INTRODUÇÃO.....	54
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.2.1	CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO REALIZADO.....	57
2.2.1.1	CAPIM-ELEFANTE (BIOMASSA).....	57
2.2.2	MÉTODOS ANALÍTICOS.....	58
2.2.2.1	QUANTIFICAÇÃO DO CAPIM-ELEFANTE.....	58
2.2.2.2	DETERMINAÇÃO DA CELULOSE.....	59
2.2.2.3	DETERMINAÇÃO DA LIGNINA.....	60
2.2.3	DETERMINAÇÃO QUÍMICA DO CAPIM-ELEFANTE CRU OU <i>IN NATURA</i>	61
2.2.4	DETERMINAÇÃO QUÍMICA DO CAPIM-ELEFANTE COM O PRÉ-TRATAMENTO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO (NAOH).....	61
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
2.3.1	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA CRU OU <i>IN NATURA</i>	63
2.3.2	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA COM O PRÉ-TRATAMENTO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO (NAOH).....	64
2.4	CONCLUSÕES.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71
	CAPÍTULO 3 - OTIMIZAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DE CAPIM-ELEFANTE COM O USO DA LÓGICA FUZZY.....	73
3.1	INTRODUÇÃO.....	74
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	75
3.2.1	MODELAGEM FUZZY.....	75
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
3.3.1	OTIMIZAÇÃO DA CELULOSE.....	81
3.3.2	OTIMIZAÇÃO DA LIGNINA.....	86
3.4	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS.....	91
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
	REFERÊNCIAS.....	97

INTRODUÇÃO GERAL

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) apresenta diversas funcionalidades para o agronegócio, sendo utilizado como fonte de alimentos, produção de energia elétrica via queima do bagaço em termoelétricas e produção de bioetanol. Contudo, o agronegócio sente uma preocupação para o uso dessa biomassa como fonte de combustível renovável por possuir um alto custo no processo de pré-tratamento. Por isso, com a utilização de estatísticas apuradas principalmente com o planejamento experimental fatorial, pode-se obter melhores resultados no processo produtivo e, além da aplicação de modelos matemáticos como a lógica nebulosa ou *fuzzy* que otimiza o processo, trazendo resultados mais próximos dos reais, principalmente buscando redução nos custos de produção e conseqüentemente o aumento na rentabilidade final. Este trabalho foi dividido em 3 partes em forma de capítulos. Foi realizado no capítulo 1 uma Revisão Bibliográfica Sistêmica buscando publicações acadêmicas científicas sobre a aplicabilidade da lógica *fuzzy* no pré-tratamento alcalino de NaOH no capim-elefante. No capítulo 2, Delineamento Inteiramente Casualizado, no esquema fatorial 5x5 (5 níveis de temperatura e 5 níveis de concentrações sobre os teores de lignina e celulose) em quadruplicata, onde a montagem de um experimento como este demandaria um grande volume de análises. Por fim, no capítulo 3, após a aplicação dos dados reais de laboratório, foi realizada uma otimização do processo de pré-tratamento com NaOH utilizando a lógica *fuzzy*. Os resultados apresentados foram: capítulo 1, nos 86 artigos consultados e analisados não apresentou nenhum artigo sobre o uso da lógica *fuzzy* na otimização do processo de pré-tratamento do capim-elefante com NaOH, no capítulo 2, foi obtido os melhores resultados de concentração e temperatura para a maior exposição da celulose e redução da lignina na célula, já no capítulo 3, utilizando os dados reais de laboratório e, aplicando as regras *fuzzy* desenvolvidas para este modelo, resultou dados que otimizam o processo produtivo. Para a celulose, os melhores pontos na concentração de NaOH estão entre 1,15 a 2,15% com temperaturas entre 100 a 102,5°C, para a redução da lignina os melhores pontos de concentração de NaOH estão entre 0,5 a 1,15% e para temperaturas entre 85,0 a 91,5°C.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada pelo autor e descrita na forma de capítulos da tese de doutorado conseguiu responder enfaticamente alguns questionamentos sobre o uso da lógica *fuzzy* no pré-tratamento alcalino do capim-elefante. No capítulo 1 com a realização do levantamento de dados científicos sobre a utilização ou não da lógica *fuzzy* no pré-tratamento alcalino no capim-elefante, resultou em que dentro do modelo de Revisão Bibliográfica Sistemática em bases científicas, constatou que não existe artigo publicado em revistas científicas do meio acadêmico. No capítulo 2, foi realizado um experimento em laboratório, aplicando um DIC (5 x 5), variando temperatura e concentração de NaOH, os resultados foram bem significativos no âmbito de respostas para maior exposição da celulose na célula vegetal e maior perda de lignina. Obtendo como melhores resultados encontrados para (%) de celulose, 1,5% de volume em concentração de NaOH com uma temperatura de 100°C, já para a lignina o melhor resultado que é a perda maior na célula vegetal foi de 0,5% para concentração de NaOH com uma temperatura de 100°C. No capítulo 3, foi realizado uma modelagem matemática utilizando a lógica nebulosa ou *fuzzy* aplicando os mesmos dados das variáveis (concentração de NaOH e temperatura). Os resultados foram satisfatórios, bem próximos dos dados reais coletados no laboratório (capítulo 2), apresentando duas curvas de respostas em 3D, onde foi caracterizado e indicado os melhores pontos na modelagem utilizada. Os melhores intervalos para maior exposição da celulose foram de 1,15 a 2,15% de concentração de NaOH com temperaturas entre 100 a 102,5°C, já para maior perda de lignina os intervalos foram 0,0 a 1,15% de concentração de NaOH com temperaturas entre 85 a 91,5°C.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, T.; ABBASI, S. A. Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 3, p. 919-937, abr. 2010.
- ABDELAZIZ, O. Y. *et al.* Biological valorization of low molecular weight lignin. **Biotechnology Advances**, v. 34, n. 8, p. 1318-1346, 2016.
- ABRAHAM, A. *et al.* Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 301, e122725, 2020.
- ADITIYA, H. B. *et al.* Second generation bioethanol production: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, p. 631-653, 2016.
- AGRAWAL, R. *et al.* Investigating the enzyme-lignin binding with surfactants for improved saccharification of pilot scale pretreated wheat straw. **Bioresource Technology**, v. 224, p. 411-418, 2017.
- AHMAD, M. S. *et al.* Bioenergy potential of *Wolffia arrhiza* appraised through pyrolysis, kinetics, thermodynamics parameters and TG-FTIR-MS study of the evolved gases. **Bioresource Technology**, v. 253, p. 297-303, 2018.
- ALONSO, E. The role of supercritical fluids in the fractionation pretreatments of a wheat bran-based biorefinery. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 133, p. 603-614, 2018.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres, 573p., 2018.
- ANTONOPOULOU, G. *et al.* The Effect of Aqueous Ammonia Soaking Pretreatment on Methane Generation Using Different Lignocellulosic Biomasses. **Waste and Biomass Valorization**, v. 6, n. 3, p. 281–291, 2015.
- AQUINO, E. L. R. de *et al.* Ferramentas de manutenção preditiva de motores diesel: uma revisão bibliográfica sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e57691110195, 2020.
- ATTARD, T. M.; CLARK, J. H.; MCELROY, C. R. Recent developments in key biorefinery areas. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 21, p. 64–74, 1 fev. 2020.
- BENSAH, E. C. *et al.* African perspective on cellulosic ethanol production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 1-11, 2015.
- BENSAH, E. C.; KÁDÁR, Z.; MENSAH, M. Y. Alkali and glycerol pretreatment of West African biomass for production of sugars and ethanol. **Bioresource Technology Reports**, v. 6, p. 123-130, 2019.

BERA, T. *et al.* Influence of select bioenergy by-products on soil carbon and microbial activity: A laboratory study. **Science of the Total Environment**, v. 653, p. 1354-1363, 2019.

BLOIS, H. D. *et al.* Silvicultura: Cenários Prospectivos para Geração de Energia Elétrica. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 140-159, 2017.

BONFIGLIO, F. *et al.* Pretreatment of switchgrass by steam explosion in a semi-continuous pre-pilot reactor. **Biomass and Bioenergy**, v. 121, p. 41-47, 2019.

BRACARENSE, J. C.; DOS SANTOS, C. V.; MAYERLE, S. F. Tomada de decisão sob condições de risco e incerteza: uma aplicação da lógica *fuzzy* à bovinocultura de corte da região Serrana de Santa Catarina. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 41, p. 73-101, 2013.

BRITO DA SILVA, V. *et al.* Assessment of energy production in full-sibling families of elephant grass by mixed models. **Renewable Energy**, v. 146, p. 744-749, 2020.

BURMAN, N. W.; SHERIDAN, C. M.; HARDING, K. G. Lignocellulosic bioethanol production from grasses pre-treated with acid mine drainage: Modeling and comparison of SHF and SSF. **Bioresource Technology Reports**, v. 7, e100299, 2019.

CAETANO, F. A. DE O.; ARAÚJO, J. A. DE; KHAN, A. S. Fatores condicionantes do desenvolvimento socioeconômico na América Latina: uma análise sob a perspectiva do PIB e dos indicadores globais de governança. **Interações** (Campo Grande), p. 95-109, 2019.

CAI, C. *et al.* Effects of dry explosion pretreatment on physicochemical and fuel properties of hybrid pennisetum (*Pennisetum americanum* × *P. purpureum*). **Bioresource Technology**, v. 297, e122508, 2020.

CAI, L. Y. *et al.* Improvement of enzymatic hydrolysis and ethanol production from corn stalk by alkali and N-methylmorpholine-N-oxide pretreatments. **Bioresource Technology**, v. 212, p. 42-46, 2016.

CAMARGOS, C. H. M. *et al.* Experimentally designed corn biomass fractionation to obtain lignin nanoparticles and fermentable sugars. **Industrial Crops and Products**, v. 140, e111649, 2019.

CANEPPELE, F. DE L. *et al.* Aplicação da lógica *fuzzy* no desenvolvimento do morango no Oeste do Paraná. **Revista Sodebras**, v. 16, n. 184, p. 6-9, 2021.

CANEPPELE, F. DE L. *et al.* Cogeração de energia em usina sucroalcooleiras almejando sustentabilidade. **Expressa Extensão**, v. 25, n. 3, p. 91-106, 2020.

CARDONA, E. *et al.* Effects of the pretreatment method on enzymatic hydrolysis and ethanol fermentability of the cellulosic fraction from elephant grass. **Fuel**, v. 118, p. 41-47, 2014.

CARVALHO-NETTO, O. V. *et al.* The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 20, p.1-8, 2014.

CHANDEL, A. K. *et al.* Key drivers influencing the commercialization of ethanol-based biorefineries. **Journal of Commercial Biotechnology**, v. 16, n. 3, p. 239-257, 2010.

CHARLTON, A. *et al.* The biorefining opportunities in Wales: Understanding the scope for building a sustainable, biorenewable economy using plant biomass. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, n. 9, p. 1147-1161, 2009.

CHOUDHARY, J.; SINGH, S.; NAIN, L. Thermotolerant fermenting yeasts for simultaneous saccharification fermentation of lignocellulosic biomass. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 21, p. 82-92, 2016.

COELHO, Y. C. DE M.; OLIVEIRA, E. M. DE; ALMEIDA, A. C. P. C. DE. Discussões e tendências das teses e dissertações sobre formação de professores de ciências em espaços não formais: uma Revisão Bibliográfica Sistemática. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 23, p. 1-18, 2021.

COFFIN, A. W. *et al.* Potential for Production of Perennial Biofuel Feedstocks in Conservation Buffers on the Coastal Plain of Georgia, USA. **Bioenergy Research**, v. 9, n. 2, p. 587-600, 2016.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º **Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CNGDP 2011**. Anais...Porto Alegre/RS: 2011Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/9149.pdf>>

DAHER, R. F. *et al.* Use of elephant grass for energy production in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10898-10908, 2014.

DAI, L. *et al.* Integrated process of lignocellulosic biomass torrefaction and pyrolysis for upgrading bio-oil production: A state-of-the-art review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 20-36, 2019.

DEL RÍO, J. C. *et al.* Differences in the chemical structure of the lignins from sugarcane bagasse and straw. **Biomass and Bioenergy**, v. 81, p. 322-338, 2015.

DEMAIN, A. L. Biosolutions to the energy problem. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 36, n. 3, p. 319-332, 2009.

DHABHAI, R.; NIU, C. H.; DALAI, A. K. Agricultural byproducts-based biosorbents for purification of bioalcohols: A review. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 5, n. 1, p. 2-14, 2018.

DHYANI, V.; BHASKAR, T. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. **Renewable Energy**, v. 129, p. 695-716, 2018.

DUARAH, P.; HALDAR, D.; PURKAIT, M. K. Technological advancement in the synthesis and applications of lignin-based nanoparticles derived from agro-industrial waste residues: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 163, p. 1828-1843, 2020.

DUKU, M. H.; GU, S.; HAGAN, E. BEN. A comprehensive review of biomass resources and bioFuels potential in Ghana. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 404-415, 2011.

DUTRA, E. D. *et al.* Alkaline hydrogen peroxide pretreatment of lignocellulosic biomass: status and perspectives. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 8, n. 1, p. 225-234, 2018.

ELIANA, C. *et al.* Effects of the pretreatment method on enzymatic hydrolysis and ethanol fermentability of the cellulosic fraction from elephant grass. **Fuel**, v. 118, n. 6, p. 41-47, 2014.

EUSÉBIO, C.; JOÃO, M. Attitudes towards people with disabilities: A systematic literature review - Atitudes em relação às pessoas com deficiência: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 26, n. 4, p. 689-710, 2020.

FARROKH, N. T. *et al.* A thermogravimetric analysis of lignin char combustion. **Energy Procedia**, v. 158, p. 1241-1248, 2019.

FONTOURA, C. F.; BRANDÃO, L. E.; GOMES, L. L. Elephant grass biorefineries: Towards a cleaner Brazilian energy matrix? **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 85-93, 2015.

FURLONG, V. B. *et al.* Fuzzy-enhanced modeling of lignocellulosic biomass enzymatic saccharification. **Energies**, v. 12, n. 11, p. 1-17, 2019.

GALVÃO, C. M.; SAWADA, N. O.; TREVIZAN, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista latino-americana de enfermagem**, v. 12, n. 3, p. 549-556, 2004.

GHOLIZADEH, M.; HU, X.; LIU, Q. A mini review of the specialties of the bio-oils produced from pyrolysis of 20 different biomasses. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 114, n. 10, e109313, 2019.

GODINHO, E. Z. *et al.* Pré-tratamento hidrotérmico alcalino e alcalino-oxidativo sobre os teores de celulose e lignina em biomassa de capim elefante BRS Capiaçú. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 6, n. 3, p. 51-65, 2019.

GODOY, F. O. DE *et al.* Utilização da lógica *fuzzy* aplicada à energia solar. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 2, e26663, 2020.

- GOMES, B. L.; MARTELLI, F. H.; SILVA, W. T. L. DA. Caracterização físico-química e morfológica de biomassa de capim- elefante, capim-mombaça, brachiaria, sorgo-Embrapa e bagaço de cana-de-açúcar. **III Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management**. Anais...São Pedro/SP: III SIGERA, 2013
- GOUVEIA, E. R. *et al.* Validação de metodologia para a caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1500-1503, 2009.
- GUILHERME, A. A. *et al.* Evaluation of composition characterization and enzymatic hydrolysis of pretreated sugar. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 32, n. 1, p. 23-33, 2015.
- GUNASEELAN, V. N. Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review. **Biomass and Bioenergy**, v. 13, n. 1-2, p. 83-114, 1997.
- GUPTA, A.; VERMA, J. P. Sustainable bio-ethanol production from agro-residues: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 550-567, 2015.
- GUTIERREZ, E. C.; XIA, A.; MURPHY, J. D. Can slurry biogas systems be cost effective without subsidy in Mexico? **Renewable Energy**, v. 95, p. 22-30, 2016.
- HALDAR, D.; PURKAIT, M. K. Lignocellulosic conversion into value-added products: A review. **Process Biochemistry**, v. 89, p. 110-133, 2020.
- HALDAR, D.; PURKAIT, M. K. Thermochemical pretreatment enhanced bioconversion of elephant grass (*Pennisetum purpureum*): insight on the production of sugars and lignin. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p.1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00689-y>.
- HE, C. R.; KUO, Y. Y.; LI, S. Y. Lignocellulosic butanol production from Napier grass using semi-simultaneous saccharification fermentation. **Bioresource Technology**, v. 231, p. 101-108, 2017.
- HO, C. Y. *et al.* Development of cellulosic ethanol production process via co-culturing of artificial cellulosomal Bacillus and kefir yeast. **Applied Energy**, v. 100, p. 27-32, 2012.
- JENNEWEIN, S. P. *et al.* Four Biofuel Species' Responses to Periodic Flooding and High Water Tables on a Florida Histosol. **Bioenergy Research**, v. 10, n. 3, p. 688-699, 2017.
- JI, X.; LONG, X. A review of the ecological and socioeconomic effects of biofuel and energy policy recommendations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 41-52, 2016.
- JIN, S. *et al.* High-pressure homogenization pretreatment of four different lignocellulosic biomass for enhancing enzymatic digestibility. **Bioresource Technology**, v. 181, p. 270-274, 2015.

JIN, S. *et al.* Thermo-chemical pretreatment and enzymatic hydrolysis for enhancing saccharification of catalpa sawdust. **Bioresource Technology**, v. 205, p. 34-39, 2016.

JOHANSSON, S.; RYDBERG, T. Is an increased use of biofuels the road to sustainability?: Consequences of the methodological approach. **European Physical Journal Plus**, v. 132, n. 2, p. 1-14, 1 fev. 2017.

KAJINA, W. *et al.* Coupled effect of torrefaction and blending on chemical and energy properties for combustion of major open burned agriculture residues in Thailand. **Renewable Energy**, v. 118, p. 113-121, 2018.

KANG, X. *et al.* The effect of mechanical pretreatment on the anaerobic digestion of Hybrid Pennisetum. **Fuel**, v. 252, n. 4, p. 469-474, 2019.

KARAGÖZ, P. *et al.* Alkaline peroxide pretreatment of rapeseed straw for enhancing bioethanol production by Same Vessel Saccharification and Co-Fermentation. **Bioresource Technology**, v. 104, p. 349-357, 2012.

KIM, J. S.; LEE, Y. Y.; KIM, T. H. A review on alkaline pretreatment technology for bioconversion of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 42-48, 2016a.

KNOLL, J. E. *et al.* Harvest Management of 'Tifton 85' Bermudagrass for Cellulosic Ethanol Production. **Bioenergy Research**, v. 7, n. 4, p. 1112-1119, 2014.

KO, C. H. *et al.* Bioethanol production from recovered napier grass with heavy metals. **Journal of Environmental Management**, v. 203, p. 1005-1010, 2017.

KUANCHA, C. *et al.* Fermentable sugars production from lignocellulosic materials hydrolysis by thermophilic enzymes from *Bacillus subtilis* J12. **Energy Procedia**, v. 138, p. 151-156, 2017.

KUMAR, S.; GHOSH, P. Sustainable bio-energy potential of perennial energy grass from reclaimed coalmine spoil (marginal sites) of India. **Renewable Energy**, v. 123, p. 475-485, 2018.

KUMARI, D.; SINGH, R. Pretreatment of lignocellulosic wastes for biofuel production: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, n. 5, p. 877-891, 2018.

LIMA, M. A. *et al.* Evaluating the composition and processing potential of novel sources of Brazilian biomass for sustainable biorenewables production. **Biotechnology for Biofuels**, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2014.

LÓPEZ-BELLIDO, L.; WERY, J.; LÓPEZ-BELLIDO, R. J. Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. **European Journal of Agronomy**, v. 60, p. 1-12, 2014.

LUCAS, C. A. Uma Introdução à Lógica *Fuzzy*. **Revista Eletrônica de Sistemas de**

Informação e de Gestão Tecnológica, v. 1, n. 1, p. 17-28, 2011.

MANISHA; YADAV, S. K. Technological advances and applications of hydrolytic enzymes for valorization of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 1727-1739, 2017.

MARANZATO, F. P.; SALERNO, M. S. Integration between research and development: A dynamic capabilities perspective. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 58, n. 5, p. 460-474, 2018.

MASSI, L. *et al.* Historical-critical pedagogy incorporation in science education: A dialectic critical analysis of a systematic bibliographic review. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 212-255, 2019.

MENEGOL, D. *et al.* Increased release of fermentable sugars from elephant grass by enzymatic hydrolysis in the presence of surfactants. **Energy Conversion and Management**, v. 88, p. 1252-1256, 2014.

MENELAU, S. *et al.* contexto dos BRICS: reflexões e interfaces. **Cad. EBAPE.BR** (Rio de Janeiro), v. 17, n. 4, p. 1094-1114, 2019.

MERINO, O. *et al.* Screening of Ionic Liquids for Pretreatment of Taiwan Grass in Q-Tube Minireactors for Improving Bioethanol Production. **Waste and Biomass Valorization**, v. 8, n. 3, p. 733-742, 2017.

MINMUNIN, J.; LIMPITIPANICH, P.; PROMWUNGKWA, A. Delignification of Elephant Grass for Production of Cellulosic Intermediate. **Energy Procedia**, v. 79, p. 220-225, 2015.

MITHRA, M. G. *et al.* Comparison of ethanol yield from pretreated lignocellulo-starch biomass under fed-batch SHF or SSF modes. **Heliyon**, v. 4, n. 10, e00885, 2018.

MOHAPATRA, S. *et al.* Application of pretreatment, fermentation and molecular techniques for enhancing bioethanol production from grass biomass – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 1007-1032, 2017.

MOHAPATRA, S. *et al.* Engineering grass biomass for sustainable and enhanced bioethanol production. **Planta**, v. 250, n. 2, p. 395-412, 2019.

NARINTHORN, R.; CHOORIT, W.; CHISTI, Y. Alkaline and fungal pretreatments for improving methane potential of Napier grass. **Biomass and Bioenergy**, v. 127, e105262, 2019.

NASSEF, A. M. *et al.* Application of *fuzzy* modelling and Particle Swarm Optimization to enhance lipid extraction from microalgae. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 35, p. 73-79, 2019.

NETO, J. M. *et al.* Study of kinetic parameters in a mechanistic model for enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse subjected to different pretreatments. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 36, n. 11, p. 1579-1590, 2013.

NETO, J. V. E. *et al.* Structural and productive characteristics in intraspecific and interspecific hybrids of elephantgrass. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 20, n. 1-11, e-46788, 2019.

NIEMI, P. *et al.* Production of sugars from grass silage after steam explosion or soaking in aqueous ammonia. **Industrial Crops and Products**, v. 98, p. 93-99, 2017.

NIKOLIĆ, S. *et al.* Production of bioethanol from pre-treated cotton fabrics and waste cotton materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 164, p. 136-144, 2017.

OHIMAIN, E. I. A review of the Nigerian bioFuel policy and incentives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 246–256, 2013.

OKOLIE, J. A. *et al.* Chemistry and Specialty Industrial Applications of Lignocellulosic Biomass. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, p. 2145-2169, 2020.

PAULA, P. R. P. *et al.* Composição bromatológica da silagem de capim- elefante BRS Capiaçú com inclusão fubá de milho. **Pubvet**, v. 14, n. 10, a680, p. 1-11, 2020.

PENSRI, B. *et al.* Potential of Fermentable Sugar Production from Napier cv. Pakchong 1 Grass Residue as a Substrate to Produce Bioethanol. **Energy Procedia**, v. 89, p. 428-436, 2016.

PERLATTI, B.; FORIM, M. R.; ZUIN, V. G. Green chemistry, sustainable agriculture and processing systems: a Brazilian overview. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 5, p. 1-9, 2014.

PHITSUWAN, P. *et al.* Structural features and enzymatic digestibility of Napier grass fibre treated with aqueous ammonia. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 32, p. 360-364, 2015.

PHITSUWAN, P.; SAKKA, K.; RATANAKHANOKCHAI, K. Structural changes and enzymatic response of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) stem induced by alkaline pretreatment. **Bioresource Technology**, v. 218, p. 247-256, 2016.

PLÁCIDO, J.; IMAM, T.; CAPAREDA, S. Evaluation of ligninolytic enzymes, ultrasonication and liquid hot water as pretreatments for bioethanol production from cotton gin trash. **Bioresource Technology**, v. 139, p. 203-208, 2013.

PURI, M.; ABRAHAM, R. E.; BARROW, C. J. BioFuel production: Prospects, challenges and feedstock in Australia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 8, p. 6022-6031, 2012.

PUSPAWATI, S. *et al.* The Production of Bioethanol Fermentation Substrate from *Eucheuma cottonii* Seaweed through Hydrolysis by Cellulose Enzyme. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 3, p. 200-205, 2015.

RABEMANOLONTSOA, H.; SAKA, S. Various pretreatments of lignocellulosics.

Bioresource Technology, v. 199, p. 83-91, 2016.

RAMBO, M. K. D.; SCHMIDT, F. L.; FERREIRA, M. M. C. Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities. **Talanta**, v. 144, p. 696-703, 2015.

REN, N. Q. *et al.* A review on bioconversion of lignocellulosic biomass to H₂: Key challenges and new insights. **Bioresource Technology**, v. 215, p. 92-99, 2016.

RENZAHO, A. M. N.; KAMARA, J. K.; TOOLE, M. Biofuel production and its impact on food security in low and middle income countries: Implications for the post-2015 sustainable development goals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 503-516, 2017.

ROCHA, A. M. H. *et al.* Prospecção tecnológica do capim elefante e sua relevância como matéria-prima para a produção energética. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 475-499, 2017a.

ROCHA, J. R. DO A. S. DE C. *et al.* Bioenergetic potential and genetic diversity of elephantgrass via morpho-agronomic and biomass quality traits. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 485-492, 2017b.

ROY, R.; RAHMAN, M. S.; RAYNIE, D. E. Recent advances of greener pretreatment technologies of lignocellulose. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**, v. 3, e100035, 2020.

RUEDA, J. A. *et al.* Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. **Biomass and Bioenergy**, v. 88, p. 59-65, 2016.

SAIDUR, R. *et al.* A review on biomass as a Fuel for boilers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 5, p. 2262-2289, 2011.

SÂNCHEZ, S. S. C. *et al.* Light interception, chemical, and productive characteristics of elephant grass subjected to different cutting intervals. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p. 2351-2362, 2019.

SÁNCHEZ, C. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. **Biotechnology Advances**, v. 27, n. 2, p. 185-194, 2009.

SAWATDEENARUNAT, C. *et al.* Decentralized biorefinery for lignocellulosic biomass: Integrating anaerobic digestion with thermochemical conversion. **Bioresource Technology**, v. 250, p. 140-147, 2018.

SCHOLL, A. L. *et al.* Elephant grass pretreated by steam explosion for inducing secretion of cellulases and xylanases by *Penicillium echinulatum* S1M29 solid-state cultivation. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 97-107, 2015a.

SCHOLL, A. L. *et al.* Ethanol production from sugars obtained during enzymatic hydrolysis of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) pretreated by steam

explosion. **Bioresource Technology**, v. 192, p. 228-237, 2015b.

SHILPI, S. *et al.* Waste to watt: Anaerobic digestion of wastewater irrigated biomass for energy and fertiliser production. **Journal of Environmental Management**, v. 239, n. 8, p. 73-83, 2019.

SINGH, S. K.; DHEPE, P. L. Isolation of lignin by organosolv process from different varieties of rice husk: Understanding their physical and chemical properties. **Bioresource Technology**, v. 221, p. 310-317, 2016.

SIQUEIRA, L. N. DE *et al.* Rendimento de hidrólise e produção de etanol lignocelulósico a partir de biomassa de capim elefante. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 3, n. 4, p. 191-196, 2016.

SKIBA, E. A. *et al.* A technology for pilot production of bacterial cellulose from oat hulls. **Chemical Engineering Journal**, v. 383, e123128, 2020.

SMITH, A. L. *et al.* Second generation biofuels and bioinvasions: An evaluation of invasive risks and policy responses in the United States and Canada. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 30-42, 2013.

SURENDRA, K. C.; KHANAL, S. K. Effects of crop maturity and size reduction on digestibility and methane yield of dedicated energy crop. **Bioresource Technology**, v. 178, p. 187-193, 2015.

TAKARA, D.; KHANAL, S. K. Characterizing compositional changes of Napier grass at different stages of growth for biofuel and biobased products potential. **Bioresource Technology**, v. 188, p. 103-108, 2015.

TIMILSENA, Y. P. *et al.* Effect of different pretreatments on delignification pattern and enzymatic hydrolysability of miscanthus, oil palm biomass and typha grass. **Bioresource Technology**, v. 135, p. 82-88, 2013.

TRAN, N. *et al.* Optimizing biofuel production: An economic analysis for selected biofuels feedstock production in Hawaii. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1756-1764, 2011.

ULLAH, K. *et al.* Assessing the lignocellulosic biomass resources potential in developing countries: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 682-698, 2015.

VARFOLOMEEV, S. D.; MOISEEV, I. I.; MYASOEDOV, B. F. Energy carriers from renewable sources: Chemical aspects. **Herald of the Russian Academy of Sciences**, v. 79, n. 4, p. 334-344, 2009.

VASCONCELOS DE ALMEIDA SÁ, Y.; CHIUN WEN, T. Artificial Intelligence (*fuzzy Logic*) for local safety stock forecasting in multinational companies. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2019.

WANDERLEY, M. C. DE A. *et al.* **Bioresource Technology** Increase in ethanol production from sugarcane bagasse based on combined pretreatments and fed-batch enzymatic hydrolysis. **Bioresource Technology**, v. 128, p. 448-453, 2013.

WANG, S. *et al.* Ultrasound assisted alkaline pretreatment to enhance enzymatic saccharification of grass clipping. **Energy Conversion and Management**, v. 149, p. 409-415, 2017.

WEN, B. *et al.* Comparison and evaluation of concurrent saccharification and anaerobic digestion of Napier grass after pretreatment by three microbial consortia. **Bioresource Technology**, v. 175, p. 102-111, 2015.

WRIGHT, L. Worldwide commercial development of bioenergy with a focus on energy crop-based projects. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 8-9, p. 706-714, 2006.

WU, M. *et al.* Application of new expansion pretreatment method on agricultural waste. Part I: Influence of pretreatment on the properties of lignin. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 887-895, 2013.

XIE, X. M. *et al.* Dynamic changes of lignin contents of MT-1 elephant grass and its closely related cultivars. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1732-1738, 2011.

YAASHIKAA, P. R. *et al.* Advances in production and application of biochar from lignocellulosic feedstocks for remediation of environmental pollutants. **Bioresource Technology**, v. 292, e122030, 2019.

YASUDA, M. *et al.* Bio-ethanol production through simultaneous saccharification and co-fermentation (SSCF) of a low-moisture anhydrous ammonia (LMAA)-pretreated napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **SpringerPlus**, v. 3, n. 33, p. 1-8, 2014.

YASUDA, M. *et al.* Ethanol production from non-pretreated napiergrass through a simultaneous saccharification and fermentation process followed by a pentose fermentation with *Escherichia coli* KO11. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 114, n. 2, p. 188-192, 2012.

ZABED, H. *et al.* Fuel ethanol production from lignocellulosic biomass: An overview on feedstocks and technological approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, p. 751-774, 2016.

ZHANG, J. *et al.* An optimum combined hydrolysis factor enhances hybrid *Pennisetum pretreatment* in bio-conversion. **Cellulose**, v. 26, n. 15, p. 8439-8451, 2019.