

**UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUIZ LÚCIO DE ARAGÃO PEDROSO

**ANÁLISE DA BIOENERGIA NO BRASIL COM ENFOQUE NA BIOMASSA DO
CAPIM-ELEFANTE**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Março de 2018**

**UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUIZ LÚCIO DE ARAGÃO PEDROSO

**ANÁLISE DA BIOENERGIA NO BRASIL COM ENFOQUE NA BIOMASSA DO
CAPIM-ELEFANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da
Universidade Candido Mendes – Campos/RJ para obtenção do
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Prof. Claudio Luiz Melo de Souza, D. Sc.
Coorientador: Prof. Milton Erthal Junior, D. Sc.

**CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Março de 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca da **UCAM – CAMPOS** 020/2018

Pedroso, Luiz Lúcio de Aragão.

Análise da bionergia no Brasil com enfoque na biomassa do capim-elefante. / Luiz Lúcio de Aragão Pedroso. – 2018.
89 f.; il.

Orientador: Cláudio Luiz Melo de Souza.

Co-orientador: Milton Erthal Junior.

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Candido Mendes – Campos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

Referências: f. 79-89.

1. Multicritério. 2. Bionergia. 3. Biomassa. I. Universidade Candido Mendes – Campos. II. Título.

CDU – 65.012.123:620.91

Bibliotecária Responsável: Flávia Mastrogirolamo CRB 7^a-6723

LUIZ LÚCIO DE ARAGÃO PEDROSO

**ANÁLISE DA BIOENERGIA NO BRASIL COM ENFOQUE NA BIOMASSA DO
CAPIM-ELEFANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovado em 28/MARÇO /2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Cláudio Luiz Melo de Souza, D.Sc. - Orientador
Universidade Candido Mendes - UCAM

Prof. Milton Erthal Júnior, D.Sc. – Coorientador
Universidade Candido Mendes - UCAM

Prof. Gilmar Santos Costa, D.Sc.
Instituto Federal Fluminense - IFF

Profª. Luciana Aparecida Rodrigues, D.Sc.
Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

**CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Março de 2018**

DEDICATÓRIA

À minha amada e adorada esposa Ana Cristina que muito me incentivou, e aos meus filhos Rafael e Gabriel, minha querida nora Yasmin e meu amado netinho Bento, pelo apoio, paciência e incentivo em todas as etapas desse fantástico e maravilhoso empreendimento acadêmico e de vida.

AGRADECIMENTOS

À DEUS,

Aos meus Pais Aparício Pedroso e Maria de Aragão Pedroso e por toda a educação e pelos bons exemplos os quais me asseguram ser integro que me tornei.

Aos meus orientadores, Professores Cláudio Luiz Melo de Souza e Milton Erthal Júnior, pela paciência, compreensão, sabedoria e dedicação durante esta caminhada.

Aos professores do mestrado pelo constante incentivo à pesquisa.

À Universidade Candido Mendes - UCAM pelo profissionalismo institucional.

Ao apoio da empresa que trabalho e aos colegas de trabalho pelo apoio ao meu objetivo.

A todos os amigos do mestrado, pelas horas de estudo e união, em especial aos fiéis companheiros de jornada, e um especial agradecimento Fabrício Freitas da Silva que muito me ajudou;

Aos funcionários da UCAM, principalmente, Cida, pela atenção e gentileza.

RESUMO

ANÁLISE DA BIOENERGIA NO BRASIL COM ENFOQUE NA BIOMASSA DO CAPIM-ELEFANTE

As ações governamentais, nas últimas décadas, visando mitigar o problema do aquecimento global, priorizam energias renováveis em detrimento ao uso de combustíveis fósseis, a exemplo das biomassas. Muitas culturas energéticas auxiliam na produção de bioenergia devido ao alto teor de fibras e alta produção de biomassa que possuem, como no caso do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Nesse último caso, é empregada na forma de massa seca, carvão ou briquete em substituição à lenha. Em Campos dos Goytacazes, as indústrias de cerâmica vermelha utilizam a lenha de eucalipto em seus fornos de produção, trata-se de um importante polo econômico local, composto por 120 indústrias na Baixada Campista. Nesse estudo, o uso do capim-elefante para atender a essa demanda é o alicerce e a motivação da dissertação. O estudo inicia-se com uma análise das energias primárias renováveis ou não presentes na matriz brasileira. Lentamente os dados foram obtidos por mineração em bases científicas das principais agências públicas e privadas do setor energético. Os resultados demonstraram as capacidades instaladas de termoelétricas movidas à biomassa florestal, carvão vegetal, licor negro, bagaço de cana, biogás, biometano e gás de alto forno. Observou-se que a segunda maior participação na produção de energia elétrica no setor agrícola, advem do capim-elefante, atrás do bagaço da cana. Isso motivou o interesse sobre o tema, que foi aprofundado por meio de análise bibliométrica, permitindo a compilação de documentos recentes e relevantes ao tema “cultivo e uso do capim-elefante para fins energéticos”. Selecionou-se 40 artigos da base *Scopus* e 35 da *Web of Science*, publicados de 2011 a 2017. Esses registros foram categorizados por área do conhecimento, autor, periódico, país de origem e centros de pesquisa. Dentre eles 16 foram considerados relevantes e explorados nas discussões por tratarem do cultivo na região e do melhoramento genético do capim-elefante para fins energéticos e sendo as instituições do Estado do Rio de Janeiro oferecendo as maiores contribuições. Finalmente, contextualizando que na região de Campos dos Goytacazes houve o declínio do setor canavieiro e existe demanda por lenha pelas indústrias ceramistas, questionou-se sobre a possibilidade de substituição do cultivo do capim-elefante pela cana-de-açúcar na economia rural da região. Daí surgiu o interesse sobre a aptidão do território de Campos dos Goytacazes para a produção do capim-elefante. Para essa análise utilizou-se critérios do clima e tipos de solos aplicados à técnica multicritério-QGIS, para classificação de áreas de impróprias à excelentes para o cultivo do capim-elefante.

Palavras-chave: Matriz energética. Cogeração de eletricidade. Multicritério-QGIS.

ABSTRACT

ANALYSIS OF BIOENERGY IN BRAZIL WITH A FOCUS IN THE BIOMASS OF CAPIM-ELEPHANT

In recent decades, government actions aimed at mitigating the problem of global warming have prioritized renewable energy rather than the use of fossil fuels, such as biomass. Many energy crops help in the production of bioenergy because of the high fiber content and high biomass production, as in the case of elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.). In the latter case, it is used in the form of dry mass, charcoal or briquette to replace wood. In Campos dos Goytacazes, the red ceramic industries use eucalyptus wood in their production furnaces, it is an important local economic pole, composed of 120 industries in the Baixada Camper. In this study, the use of elephant grass to meet this demand is the foundation and motivation of the dissertation. The study begins with an analysis of the primary energies renewable or not present in the Brazilian matrix. The data were obtained by mining on scientific bases of the main public and private agencies of the energy sector. The results demonstrated the installed capacities of thermoelectric plants driven by forest biomass, charcoal, black liquor, sugarcane bagasse, biogas, biomethane and blast furnace gas. It was observed that the second largest participation in the production of electric power in the agricultural sector, comes from the elephant grass, behind the bagasse of the cane. This motivated the interest on the theme, which was deepened through bibliometric analysis, allowing the compilation of recent and relevant documents on the theme "cultivation and use of elephantgrass for energy purposes". A total of 40 Scopus and 35 Web of Science articles published from 2011 to 2017 were selected. These records were categorized by area of knowledge, author, periodical, country of origin, and research centers. Among them, 16 were considered relevant and explored in the discussions for dealing with cultivation in the region and genetic improvement of elephantgrass for energetic purposes. Finally, contextualizing that in the region of Campos dos Goytacazes there was a decline of the sugarcane sector and there is a demand for firewood by the ceramic industries, it was questioned about the possibility of replacing one crop for the other in the rural economy of the region. Hence the interest in the aptitude of the territory of Campos dos Goytacazes for the production of elephantgrass. For this analysis, the climate and soil types applied to the multicriteria-QGIS technique were used for the classification of areas that are not suitable for the cultivation of elephantgrass.

Keywords: Energy matrix. Electricity cogeneration. Multicriteria-QGIS.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Atributos Importantes da biomassa para a geração de energia.....	20
Quadro 2-	Registra selecionados e números de citações nas bases Scopus e Web of Science	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Oferta de energia em milhões de toneladas equivalente de Petróleo (Mtep) e porcentagem.....	30
Figura 2-	Oferta de energia elétrica em quilowatts (Kw) e participação %.....	31
Figura 3-	Publicações anuais por base de pesquisa 2011-2017.....	44
Figura 4-	Publicações anuais por base de pesquisa 2011-2017.....	44
Figura 5-	Publicações por autores 2011-2017.....	46
Figura 6-	Publicações por tipo de document 2011-2017.....	46
Figura 7-	Publicações por Instituição de pesquisa 2011-2017.....	47
Figura 8-	Publicações por países 2011-2017.....	48
Figura 9-	Nuvem de palavras dos artigos selecionados na bibliometria, de acordo com as bases <i>Scopus e Web of Science</i> , 2018.....	49
Figura 10-	Mapa de tipologia de solos de Campos dos Goytacazes, SBCS (2013)....	63
Figura 11-	Estrutura hierárquica da modelagem do problema pelo método AHP.....	65
Figura 12-	Mapas de (A) Fertilidade, (B) Erodibilidade, (C) Drenabilidade dos Tipos de Solos de Campos dos Goytacazes.....	69
Figura 13-	Mapas de (A) Irrigabilidade, (B) Mecanicidade, (C) de Conclusão pedológica de Campos dos Goytacazes.....	70
Figura 14-	Mapa Medianos de (A) Temperatura, (B) Precipitação, (C) de Conclusão Climatológica para o território de Campos dos Goytacazes.....	72
Figura 15-	Mapa de Viabilidade do Cultivo de Capim-Elefante em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Participação na Oferta e Demanda de energia por fonte e Variações (ΔS)	27
Tabela 2-	Número de usinas, produção em quilowatts e participação (%) da biomassa.....	32
Tabela 3-	Registro de Publicações nas bases Scopus (B1) Web Science (B2)	43
Tabela 4-	Sequência do Método Analytic Hierarchy Process (AHP)	62
Tabela 5-	Legenda para a tipologia dos Solos.....	64
Tabela 6-	Peso dos critérios, subcritérios de terceiro nível.....	66
Tabela 7-	Peso dos critérios de terceiro nível por subcritérios pedológicos.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIB	Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
AHP	Analitic Hierarchy Process
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANICER	Associação Nacional da Indústria Ceramista
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C3N	Critério de 3º Nível
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
GNL	Gás Natural Liquefeito
H-BIO	Diesel Verde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBIÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IEA	International Energy Agency
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Mtep	Milhões de Tonelada Equivalente de Petróleo
MwH	Megawatt-Hora
OECD	Organization of Economic Cooperation and Development
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
PDEEE	Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica
PESAGRO-RIO	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro
PNE	Plano Nacional de Energia
PNMC	Plano Nacional sobre Mudança Climática
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 MOTIVAÇÃO.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
1.3.4 REVISÃO DE LITERATURA	19
1.3.5 REFERÊNCIAS	21
2 A BIOMASSA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	24
2.1 RESUMO	24
2.2 ABSTRACT	25
2.3 INTRODUÇÃO.....	25
2.4 METODOLOGIA	26
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.5.1 A BIOENERGIA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E MUNDIAL	27
2.5.2 A BIOMASSA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	30
2.6 CONCLUSÕES.....	35
2.7 REFERÊNCIAS	36
3 CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS PARA CULTIVO E USO DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS.....	39
3.1 RESUMO	39
3.2 ABSTRACT	39
3.3 INTRODUÇÃO.....	40
3.4 METODOLOGIA	41
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.6 CONCLUSÕES.....	49
3.7 REFERÊNCIA	49
3.8 ANEXOS.....	52
4 MAPA DO POTENCIAL DE CULTIVO DO CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS POR MULTICRITÉRIOS-QGIS	60
4.1 RESUMO	60
4.2 ABSTRACT	60
4.3 INTRODUÇÃO.....	61
4.4 METODOLOGIA DO ESTUDO	61
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.6 CONCLUSÃO.....	75
4.7 AGRADECIMENTOS	75
4.8 REFERÊNCIAS	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

Os problemas socioambientais decorrentes do uso de energia oriunda de fontes fósseis têm forçado a busca por alternativas para estabilização das emissões e redução dos gases do efeito estufa, despertando o interesse das nações, por fontes de energias renováveis. Nesse campo, as biomassas se destacam pela alta produção, alto teor calorífico, facilidade de transporte e armazenamento, alto sequestro de carbono da atmosfera via fotossíntese e contribuem para a diversificação das matrizes energéticas. No caso do Brasil, cerca de 24% da energia primária vem da biomassa. E apenas no setor elétrico, o Brasil possui 4.679 usinas termelétricas que geram 151.576 MKW, sendo desse total 534 usinas de biomassa (BIG, 2017).

A biomassa de capim-elefante na forma de briquetes ou peletes pode ser uma alternativa energética para beneficiar diversos setores industriais (MARAFON et al., 2013), certamente dentre eles, o setor ceramista brasileiro. A indústria da cerâmica gerou em 2015, cerca de 290 mil empregos diretos e 900 mil indiretos com faturamento anual de R\$ 18 bilhões, segundo a Associação Nacional da Indústria Ceramista (ANICER, 2015). No setor registram-se 6.862 indústrias, destacando-se a Região Sudeste que responde por 1.820 delas (27%), atingindo faturamento de R\$ 5 bilhões. Destaca o Estado de São Paulo com 750 indústrias, seguido por Minas Gerais com 740, Rio de Janeiro com 220 e 110 no Espírito Santo (ABDI, 2012).

Rio de Janeiro, a indústria ceramista de Campos dos Goytacazes, na Baixada Campista, possui cerca de 120 indústrias que geram em média 6 mil empregos diretos e indiretos (MACIEL e FREITAS, 2013). Este Seguimento, é responsável por problemas ambientais, advindos da mineração da argila, que gera a degradação dos solos, flora e fauna (SILVA et al, 2015). Em tese, o capim-elefante, por ser uma gramínea resistente, poderia ser cultivada nessas áreas como pioneiro no processo de recuperação das cavas de argila e degradadas pelo cultivo de cana.

A lenha sempre foi usada nos fornos de olarias, entretanto novos tipos de fornos permitiram, além dela, o uso de óleo diesel e gás natural, principalmente quando seus preços estão competitivos. Cabe ressaltar que, a lenha muitas vezes está associada ao extrativismo ou lenha não-certificada. Mesmo a lenha legal tem os seus problemas. Segundo dados do Relatório 2017 da Indústria Brasileira de Árvores, o Brasil possui uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, responsável por 91% da madeira usada para fins industriais,

contribuindo para a construção de uma economia verde. (IBÁ, 2015). Por outro lado, esses cultivos exigem investimentos expressivos e o retorno é de longo prazo, eles demandam extensas áreas que poderiam ser usadas para outros fins agrícolas. Em tese, essas características não se aplicam ao capim-elefante, ou seja, ele é de baixo investimento, retorno rápido e maior demanda de mão de obra.

A economia agrícola de Campos dos Goytacazes carece de maior geração de empregos e rendas, principalmente para o pequeno produtor, haja visto, que nas últimas duas décadas o setor canavieiro, principal atividade econômica local, reduziu de 70 para apenas 3 usinas operando em 2010 (SMIRDELE, 2010), em 2018 essas encerraram as atividades. Acredita-se que a implantação de outra gramínea economicamente produtiva poderia amenizar essa depressão econômica. O capim-elefante, que possui forma de cultivo em geral muito similar à cana-de-açúcar, portanto poderia ser alternativa econômica para a região. Um estudo das áreas propícias para seu cultivo no município seria um forte indicativo de suas potencialidades como cultura econômica local, como a cana foi no passado. Esse tipo de metodologia aqui proposta, permite que o solo seja usado tecnicamente com maior sustentabilidade permitindo ser empregado à qualquer outra cultura. Trata-se de uma inovação para avaliação teórica da indicação sustentável dos solos de uma determinada região.

O capim-elefante possui alto poder de absorção de CO₂, uma gramínea do tipo C₄ com alto teor calorífico variando de 4.170 a 4.298 Kcal Kg⁻¹ (SAMSON et al., 2005; SOMMERVILLE et al., 2010). Podendo produzir até 45 toneladas de matéria seca por hectare por ano, com um ciclo produtivo curto, com dois cortes por ano, quando comparado com a cana (SILVA E ROCHA 2010).

Nesse contexto, o presente trabalho trata inicialmente das contribuições da biomassa como energia renovável e em sequência foi aplicada uma análise bibliométrica sobre biomassa de capim-elefante para fins energéticos. Depois trata do zoneamento de áreas propícias ao cultivo do capim-elefante por meio de métodos multicriteriais e finaliza com elementos de conclusão e perspectivas futuras.

1.1 MOTIVAÇÃO

A decadência do setor sucroalcooleiro em Campos dos Goytacazes criou um sério problema na economia rural, pois era a principal atividade e por consequência, levou ao desemprego e a redução da renda no meio rural. A cana é uma gramínea de fácil cultivo e manejo, porém, sua colheita manual, como acontecia na região, sempre foi alvo de críticas por ambientalistas e sociólogos, devido à necessidade de queimadas e do corte com facão, um trabalho árduo e de baixa remuneração.

Mesmo sob essas críticas, não se negava a importância do setor canavieiro, que se irradiava ao comércio e aos setores de insumos, máquinas e fertilizantes agrícolas. Além disso, os pequenos produtores polarizavam a comercialização da cana em usinas de açúcar e álcool, para a obtenção de recursos financeiros, com os quais mantiam suas propriedades rurais. Lamentavelmente, em 2016 as últimas usinas foram fechadas e a inatividade do setor gerou um vácuo econômico que aumentou o desemprego rural, uma situação que ainda carece de políticas governamentais.

A motivação desse trabalho foi colaborar com essa importante questão social, propondo em substituição à cana-de-açúcar, o cultivo do capim-elefante, outra gramínea com potencial econômico similar ao da cana-de-açúcar, também capaz de gerar empregos, renda e diversificação da economia rural. Cabe ressaltar que, em algumas propriedades locais, o capim-elefante já é cultivado para alimentação do gado bovino, o que se propõem de novo é o seu cultivo, também para fins energéticos.

O capim-elefante por ser similar a cana-de-açúcar em aspectos de cultivo, poderia colaborar de três formas: a alimentação do gado, produção de briquetes e recuperação de áreas degradadas de cavas de argilas. Cabe ressaltar que, a principal demanda de lenha na região advém das próprias indústrias ceramistas, ou seja, o consumo de mais briquetes e menos lenha, aumentaria a sustentabilidade do setor.

A técnica apresentada permite de forma inovadora, uma primeira avaliação do uso sustentável do solo e a indicação de qualquer cultura que se deseja implantar em determinada região. Portanto, pode auxiliar no processo de implantação de arranjos produtivos locais agrícolas, para empreendimentos públicos ou privados.

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de capim-elefante na região de Campos dos Goytacazes pode ser baseado por um tripé de sustentabilidade, recuperação do solos, responsabilidade social e Desenvolvimento Econômico Sustentado ou seja na conservação do meio ambiente da região, na recuperação da degradação das cavas de argila ou, ainda, pela importância 17 adeiras 17 ca que ele representaria para o pequeno agricultor uma possibilidade de aumento de renda pelo plantio do capim-elefante seja para a alimentação do gado, como para a produção de biomassa, que por sua vez, pode ser transformada em briquetes, chamados de “lenha artificial”. E por fim, oferecendo um desenvolvimento econômico e sustentável para a região.

Esse processo produtivo demanda mão de obra, máquinas, implementos e insumos similares ao cultivo da cana, tradicional por décadas na região, habituais nas pequenas propriedades locais.

A cadeia produtiva que pode ser realizada por meio da produção do capim-elefante, guarda similaridade à da cana-de-açúcar, conseqüentemente mitiga os efeitos da ausência da indústria canavieira. Principalmente, por incentivos de políticas governamentais locais de apoio à indústrias de briquetagem de biomassa do capim-elefante, mas não só ele, pois podem ser briquetadas outras as formas de biomassa, tais como restos de podas da arborização urbana, resíduos de serrarias e 17adeiras, e restos de madeira da construção civil. Melhor seria se as indústrias de briquetagem funcionassem em sistema associativista, por exemplo, como cooperativas agrícolas.

Todavia, a região carece de informações sobre a viabilidade econômica do uso de capim-elefante com o propósito de geração de energia. Principalmente, com relação ao seu uso na indústria ceramista, e outros setores, que utilizam lenha, tais como caldeirarias, pizzarias, churrasarias e restaurantes. Desta forma, fica justificada a relevância dessa pesquisa para o aprimoramento e transposição de uma economia anteriormente baseada no cultivo da cana para o de capim-elefante.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma análise das contribuições na geração da bioenergia com enfoque na biomassa do capim-elefante e elaborar zoneamento de áreas propícias ao seu cultivo visando à demanda das indústrias ceramistas de Campos dos Goytacazes.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as realidades e perspectivas da participação da biomassa nas matrizes energéticas mundial e brasileira;
- Analisar as contribuições científicas sobre cultivo e uso do capim-elefante para a produção de energia por meio de análise bibliométrica;
- Determinar áreas viáveis ao cultivo do capim-elefante em Campos dos Goytacazes com base no clima e solos da região, por meio de Análise Multicriterial-QGIZ.

1.3.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura geral simplificada é composta por elementos introdutórios, seguidos por três artigos técnico-científicos interligados pelo tema agroenergia de biomassas. Os elementos iniciais para a contextualização do tema abordado, são apresentados nos tópicos de Introdução, Motivação, Justificativa e Objetivos, Revisão de Literatura, bem como a estruturação da dissertação. O primeiro artigo estabelece uma revisão de literatura geral sobre o tema “participação e perspectivas da bioenergia na matriz energética brasileira. Em sequência, o segundo artigo, faz uma prospecção bibliométrica para levantamento de documentos sobre o cultivo e uso da biomassa de capim-elefante para fins energéticos. O terceiro artigo versa sobre a avaliação de áreas apropriadas em Campos dos Goytacazes para o plantio do capim-elefante, por meio da avaliação multicriterial segundo o clima e o tipo de solo. Finalmente,

uma secção é dedicada aos principais resultados, conclusões e considerações finais, bem como as perspectivas futuras.

1.3.4 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Paterlini *et al*, (2011), a energia da biomassa é aquela obtida a partir de materiais de origem vegetal e microorganismos bioprocessadores da energia solar, além, dos resíduos orgânicos animais que, de alguma forma derivaram desses processos.

Essa biomassa pode ser convertida em biocombustíveis, usados nas formas de sólidos, líquidos ou gasosos, capazes de gerar a bioenergia, em sua maioria considerada como agroenergia, quando oriunda do setor agropecuário, florestal e agroindústrias.

O uso da biomassa para a geração de energia no Brasil vem crescendo gradativamente. A oferta interna de energia elétrica registrou um índice de 8,8%, superior aos 8,1% de participação do gás natural, segundo o Boletim Mensal de Energia em dezembro de 2016, o mais recente, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2016).

No boletim, relata-se que a biomassa em 2016 foi a segunda maior fonte de energia renovável, contribuindo na geração de energia elétrica com cerca de 54 TWh e estudos do MME sinalizam que até 2021, a biomassa terá índices percentuais superiores a 30% dentre as fontes de energias renováveis na matriz brasileira (MM, 2016).

Esses dados são corroborados pela Agência Nacional de Energia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que em 2016, anunciou que 8,85% da energia por ela outorgada correspondia à biomassa, sendo que deste total 78,2% oriundo de bagaço da cana-de-açúcar, 20% de resíduos florestais, 11,8% de outras fontes, tais como a casca de arroz e o capim-elefante (ANEEL, 2016)

Segundo Marafon (2014), o capim-elefante possui elevada capacidade para a produção de biomassa seca, sendo anualmente de 40-45 toneladas por hectare. Além disso, possui elevada relação carbono/nitrogênio, que reflete no poder calorífico, que é uma característica importante da biomassa para a produção de energia (MAROFON, 2016).

As principais finalidades energéticas da biomassa do capim-elefante são a utilização em termoelétricas para a produção de agroenergia, ou para a combustão direta ou na forma de carvão, em ambos os casos, usados em fornos e caldeiras em diversas empresas, indústrias metalúrgicas, substituindo a lenha e o carvão vegetal. Para esta última finalidade, a bioamassa do capim-elefante é cortada no campo, seca em local apropriado e depois levada para queima direta (MORAIS, 2011). Esses processos requerem grandes volumes de matéria seca, os quais

melhor seriam manejados na forma de peletes e briquetes, uma forte tendência nessas indústrias (MARAFON et al., 2013).

A geração da biomassa do capim-elefante apresenta aplicações, seja direta, seja para produção de etanol de segunda geração ou ainda, para a produção de - e MACHADO, 2013).

Segundo Marafon et al. (2014), quando comparado à outras fontes de biocombustíveis, o capim-elefante apresenta alguns aspectos vantajosos como exemplificado na Quadro 2.1. O capim-elefante, na matéria seca, tem o maior poder calorífico interno (4.100) em comparação ao bagaço de cana seco a 50% (3.200) e a lenha de eucalipto seco à 20% (3.680). Cabe ressaltar que a biomassa compactada na forma de briquete em geral atinge facilmente 4.200 kcal. Quanto à produção de matéria seca anual, o capim-elefante também se destaca. Além disso, o tempo para colheita e intervalos de cortes é menor no cultivo do capim-elefante, importante vantagem quanto ao tempo para retorno dos investimentos.

Quadro 1 – Atributos importantes da biomassa para a geração de energia.

Biomassa	PCI	TP	BS
Capim-elefante	4.100	5	40
Bagaço-de-cana	3.200	14	18
Lenha de Eucalipto	3.680	72	15
Briquete de Capim-Elefante	4.350	-	-

Nota: PCI – poder calorífico interno (Kcal/kg); TP – tempo máximo para a colheita ou primeira produção (meses); BS- produção média de biomassa seca (t/há/ano).

Fonte: adaptado de Marafon *et al.* (2014).

Duas importantes vantagens do capim-elefante, nessa comparação, são: em relação ao bagaço de cana, o retorno é rápido, mas só está disponível após a colheita em 12-16 meses e apenas uma vez ao ano; e quanto ao eucalipto, esse tem a desvantagem de ter primeira colheita a longo prazo (5-6 anos) e corte da rebrota após mais 4 anos, aproximadamente.

Finalmente, o processo de briquetagem de capim-elefante se justifica principalmente pelos aspectos de facilidade nas logísticas de transporte, manuseio e armazenamento, sendo possível atestar um poder calorífico superiores ao bagaço-de-cana assim como um valor de BS superior (Quadro 2.1).

Porém muitos aspectos sobre essas comparações precisam ser investigados e tomados à luz para uma comparação mais completa. Por exemplo, o melhor uso e custo da terra, danos

a mananciais e erodibilidade ao solo, oferta de empregos e renda, sustentabilidade empresarial, dentre outros.

Por fim, cabe ressaltar que o briquete de capim-elefante, não requer processo de queima especial, produz pouca fumaça, queima completa sem muitos resíduos, é fácil de transportar e estocar e não atrai pragas e insetos, aspecto muito importante, principalmente para restaurantes, churrasarias e pizzarias, sendo uma característica bastante atraente para esse tipo de biomassa (Moraes, et al., 2017)

Além disso, uma tonelada de briquete substitui em média 7 m³ de lenha. (AGEITEC/EMBRAPA). Isso se deve ao poder calorífico superior ao da lenha, apresenta quando queimado regularidade térmica e proporciona maior temperatura da chama; produzindo pouca fumaça, com isso requer baixa manutenção nas fornalhas, caldeiras e afins. Por possuir formato geométrico ao ser embalado facilita o manuseio e armazenamento, com isso não otimiza o processo de áreas de estocagem.

1.3.5 REFERÊNCIAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo Técnico Setorial da Cerâmica Vermelha**: subsídios para elaboração de plano de desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva de cerâmica vermelha. Disponível em:

<http://www.abdi.com.br/Estudo/05prova_p%C3%A1gina%20%C3%BAnica%20-%20Cer%C3%A2mica%20Vermelha.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Ministério de Minas e Energia.

Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET). Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

ANICER - Associação Nacional da Indústria Ceramista. **Relatório Anual 2015**. Disponível em: <http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio_2015.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

AGEITEC - Agência de Informação Tecnológica. **EMBRAPA**. Disponível em e;

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 12 fev 2018.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica - Informações **Gerenciais** (2017). Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+1%C2%BA+trimestre+de+2017/798691d2-990b-3b36-1833-c3e8c9861c21>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica - BIG-2016, Ministério de Minas e Energia. Banco de Informações de Geração (BIG-2015) **Capacidade de Geração do Brasil**.

Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**. Disponível em:

<http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. Construindo um ideótipo de gramínea para produção de energia. In: SOUZA, F. H. D.; MATTA, F. P.; FÁVERO, A. P. **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília: Embrapa, 2013, p. 227-236.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Análise do processo produtivo de uma empresa do segmento de cerâmica vermelha à luz da produção mais limpa. **Revista Produção Online**, v.13, n.4, p. 1355-1380, 2013.

MARAFON, A. C. et al. Potencial produtivo e qualidade da biomassa de capim-elefante para fins energéticos. **Circular técnica**, Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, n. 68, 2014.

MARAFON, A. C. et al. Poder calorífico do capim-elefante para a geração de energia térmica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Aracaju (Embrapa Tabuleiros Costeiros), n. 115, dez. 2016.

MARAFON, A. C. et al. Produção e qualidade da biomassa de genótipos de capim-elefante com fins energéticos cultivados nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Circular Técnica**, Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, n. 67, 2013.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Biomassa é a segunda maior fonte de energia em 2016**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia-em-2016> Acesso em: 16 mar. 2017.

MORAIS, R. F. D. et al. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 133-140, 2009.

MORAIS, R. F. Manejo do nitrogênio e emissão de gases de efeito estufa na produção de capim-elefante para bioenergia. 2011. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do Solo)- Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MORAES, S. L. et al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT, tecnologia e Inovação**, v.1, n. 4, 2017.

PATERLINI, E. M. et al. Evaluation of elephant grass for energy use. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n .2, p. 119-125, 2013.

SAMSON, R. et al. The potencial of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, n.1, p. 461-495, 2005.

SILVA, E.; ROCHA, C. R. Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa. **Revista Agrogeoambiental**, v. 2, n.1, p. 143- 152, 2010.

SMIDERLE, D. A.V. Etanol sem futuro: a inusitada trajetória da cana em Campos dos Goytacazes (RJ). **Agenda Social**, v. 4, n. 2, p.76-95, 2010.

SOMERVILLE, C. et al. Feedstocks for Lignocellulosic Biofuels. **Science**, v. 329, n. 5993, p. 790-792, 2010.

STREZOV, V. EVANS, T.J. HAYMAN, C. Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum Purpureum* Schum) to bio-gas, bio-oil and charcoal. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8394-8399, 2008.

ZANETTI, J. B. et al. Balanço de energia na produção de capim-elefante em condições experimentais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2010. 18 p.

2 A BIOMASSA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA (Artigo 1)

2.1 RESUMO

O artigo explora a biomassa e outras energias renováveis na geração de energia elétrica, tão importante para a promoção do crescimento econômico brasileiro e para a geração de empregos, além de enfatizar a contribuição da biomassa na redução do efeito estufa e do desmatamento. Elaborou-se um panorama do setor energético mundial, de 2014 com projeções para 2040, e brasileiro, de 2014 até o ano de 2020, enfatizando a oferta de bioenergia. Determinaram-se as potencialidades da biomassa no sistema elétrico brasileiro em 2017, apresentando as capacidades instaladas de termoelétricas movidas a biomassa florestal, carvão vegetal, licor negro, bagaço de cana, biomassa de capim elefante, biogás, biometano e gás de alto forno. Verificou-se que os combustíveis fósseis deverão manter o domínio nas próximas décadas, pois os baixos preços internacionais afetam a demanda desses patrimônios geológicos. Por outro lado, as ações globais promoverão aumento das fontes renováveis para a redução do efeito estufa, inclusive a biomassa crescerá em todo o mundo, por meio do aproveitamento de resíduos agroindustriais e da produção de biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

Palavras-chave: Análise de demanda. Bioenergia. Cogeração termelétrica.

2.2 ABSTRACT

The article explores biomass and other renewable energies for electrical energy generation, which is important for the promotion of Brazilian economic growth and job creation, as well as emphasizes the contribution of biomass for the reduction of the greenhouse effect and deforestation. An overview of the world energy sector of 2014 with projections for 2040 and in Brazil, from 2014 to 2020, was prepared emphasizing the bioenergy supply. The potential of biomass in the Brazilian electricity system in 2017 was determined, showing the installed capacities of biomass-fueled thermoelectric plants, charcoal, black liquor, sugarcane bagasse, elephant grass biomass, biogas, biomethane and blast furnace gas. It was found that fossil fuels are expected to keep control in the coming decades, as low international prices affect the demand for this geological heritage. On the other hand, the global actions will promote increase of the renewable sources to reduce the greenhouse effect, and the biomass will grow worldwide, through the use of agroindustrial residues and the production of solid, liquid and gaseous biofuels.

Keywords: Demand analysis. Bioenergy. Cogeneration thermoelectric.

2.3 INTRODUÇÃO

As políticas e as economias internacionais devem assumir compromissos atuais e futuros para fortalecer e diversificar a matriz energética mundial de forma sustentável a fim de atender as demandas vindouras. Segundo Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*, IEA), ainda existiam em 2014 cerca de 1,3 bilhões de pessoas sem acesso a energia elétrica e 2,6 bilhões dependiam de biomassa para cozinhar.

Além disso, estima-se que a população mundial se aproximará de 9 bilhões em 2040 e para atender a essa demanda, em comparação ao consumo de 2010, será necessário um aumento próximo a 35% na oferta total de energia. Isto exigirá maior diversificação de recursos energéticos e inovações tecnológicas mais eficientes e confiáveis para o meio ambiente e assim tornar a matriz energética mundial mais sustentável (IEA, 2015).

Será necessário gerar mais energia, principalmente energia limpa e renovável, isso mudará o cenário internacional das atuais responsabilidades quanto a geração de emissões ao efeito dos Gases do Efeito Estufa (GEE). As emissões GEE provenientes de países não membros da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (*Organization for Economic Cooperation and Development*, OECD), tenderão a subir quase 50%, fato

associado ao aumento previsto das suas demandas de energia para crescimento econômico. Em contraponto, as emissões dos países da OECD tenderão a reduzir 25% em relação ao consumo de 2010, caso continuem liderando as políticas globais de redução de GEE e honrando os acordos estabelecidos em 2015, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) realizada em Paris.

Neste contexto, analisando-se as energias renováveis brasileiras, identificam-se as potencialidades da biomassa, que não se restringem ao carvão vegetal, lenha e bagaço de cana, tão tradicionais e relevantes, é preciso evidenciar outras biomassas, de alto valor energético, capazes de gerar energia termelétrica competitiva. Existe um enorme potencial territorial e de abundância de matérias-primas a serem exploradas como biomassa geradora de energia (MILLES, 2008).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as principais fontes de biomassa são plantas e matérias-primas oleaginosas, sacarídeas, amiláceas e lignocelulósicas, além de aterros sanitários e dejetos de animais (EPE, 2015).

As finalidades aqui propostas são: Analisar as ofertas e demandas de energias renováveis nas próximas décadas no Brasil e mundo, a partir do panorama atual e suas perspectivas; determinar, dentre as fontes renováveis de energia, a participação da bioenergia no cenário mundial e brasileiro; e avaliar as contribuições da biomassa na oferta de energia termelétrica no Brasil, proporcionando uma análise crítica e dessa forma, contribuir para o debate sobre as políticas nacionais para a biomassa.

2.4 METODOLOGIA

O estudo inclui pesquisa exploratória documental e obtenção de dados sobre a matriz energética mundial e brasileira, estabelecendo-se um panorama do setor mundial de 2014-2040 e no Brasil de 2014-2030, enfatizando a oferta de bioenergia e da biomassa no sistema elétrico brasileiro em 2017.

A técnica usada foi a mineração dos bancos de dados de acordo com Han e Kamber (2006), que sugerem técnicas estatísticas de análise de dispersão e de medida central combinadas apresentações em gráficos e tabelas para a exploração dos dados. Utilizou-se a técnica de análise exploratória dos dados para auxiliar nessa atividade conforme sugerido por Myatt (2007).

O levantamento se deu por mineração de dados em periódicos científicos nacionais e internacionais e relatórios de pesquisas, os quais constituíram as fontes de informações coletada nos seguintes sites oficiais: Ministério das Minas e Energia (MME), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), International Energy Agency (IEA), Centro de Biomassa para Energia (CBE), União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL), Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável (ABIB). Este trabalho não abordará as biomassas oriundas dos biocombustíveis líquidos (etanol, bioetanol, H-BIO, biodiesel animal, vegetal e de algas) tão importantes como fontes primárias de bioenergia. Fontes estas obtidas em mais de 30 sites e diversos relatórios visitados e lidos para a obtenção destas fontes.

A análise estatística dos dados foi do tipo exploratória, com descritiva por meio de frequências absolutas e relativas, em categorias por fontes de energia, tabeladas em séries cronológicas com suas respectivas variações de demanda.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 A BIOENERGIA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E MUNDIAL

Segundo dados obtidos da IEA (2015) e do Plano Nacional de Energia (PNE-2030) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2015), última edição disponível, as estruturas de ofertas primárias de energia global e no Brasil, em 2014, são muito dependentes do petróleo e demais combustíveis fósseis, todavia estão previstas variações (Δ s) que indicam menor dependência nas próximas décadas. Estima-se variação de -9,4% no Brasil até 2030 e -7,2% no mundo até 2040 (Tabela 1).

Tabela 1 - Participação na oferta e demanda de energia por fonte e variações (Δ s)

FONTES DE ENERGIA/ANO	Brasil (%)			Mundo (%)			
	2014 ¹	2030 ²	Δ s	2014 ¹	2040 ¹	Δ s	
	Petróleo	39,4	30,0	-9,4	33,2	26,0	-7,2
	Carvão mineral	5,8	7,0	1,2	30,1	25,0	-5,1
Não renovável	Gás natural	13,6	16,0	2,4	23,1	24,0	0,9
	Urânio	1,3	3,0	1,7	4,0	7,0	3,0
	Outras	0,6	-	-	0,5	-	-
	Energia hidráulica	11,5	13,0	1,5	6,0	3,0	-3,0
Renovável	Biomassa	23,9	24,0	0,1	1,1	10,0	8,9
	Outras	4,0	7,0	3,0	2,0	5,0	3,0

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados do IEA, 2015¹ e EPE/PNE-2030²

De acordo o cenário apresentado, na Tabela 1, nas próximas décadas, não há expectativa de grandes mudanças no setor de petróleo e derivados, por se tratar de patrimônio geológico e economicamente importante para diversas nações. Na verdade, as outras fontes de energias limpas e renováveis que cresceram na participação dessas matrizes, por pressão das estruturas governamentais internacionais para redução da emissão de GEE, modificando gradualmente o panorama futuro.

Conforme dados da IEA, a demanda global total de energia está estimada em 17.934 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) e a demanda por fontes renováveis na matriz energética mundial crescerá 4% entre 2014 e 2040. As duas maiores regiões produtoras de energia primária do mundo são os países da OECD e China, que juntas participam com 61,5% da oferta, seguidos dos demais países asiáticos e não membros da OECD na Europa e na Eurásia, que totalizam 20,9% na participação. Deste modo, essas regiões concentram 82,4% da demanda primária de energia global (IEA, 2015).

A participação do carvão mineral tende aumentar na matriz brasileira (1,2%) enquanto a tendência mundial é de queda de -5,1%. O gás natural contribuirá com a fase de transição para maior sustentabilidade dessas matrizes, por isso estima-se aumento de 0,9% do gás natural consumido no mundo e 2,4% no Brasil, ao final das contas é um patrimônio geológico importante para o crescimento econômico. A energia nuclear, que apesar de guardar controvérsias sobre custos operacionais e de segurança, aumentará em 3% no mundo, e no Brasil pode chegar a 2% devido aos novos investimentos no setor, discutidos posteriormente (Tabela 1).

De acordo com PNE-2030 e previsões de Tolmasquim et al. (2007), a produção brasileira de gás natural em 2030 será insuficiente, cerca de 250 milhões de m³/dia, sinalizando a necessidade de importação de 70 milhões de m³/dia. E quanto à importação de gás natural liquefeito (GNL), a previsão seria de 20 milhões de m³/dia adicionais em 2030.

Quanto à energia termonuclear, em 2016, a produção diária média de Angra I era de 640 megawatts (MW) e de Angra II, 1.350 MW. Angra III terá a potência de 1.405 MW, quando concluída possivelmente em 2019. Mesmo assim, haverá demanda de novos 4.000 MW em 2030, para atender ao Nordeste e ao Sudeste do Brasil (PNE-2030). Trata-se de uma energia mais barata que a energia termelétrica de biomassa, pois segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2016) os preços de leilão foram acerca de R\$200,00 por Megawatt hora (MWh) para energia de biomassa e R\$160,00 para a termonuclear. Quanto à disponibilidade de urânio, a principal jazida em Caetité (BA) possui

100 mil toneladas, o suficiente para atender ao sistema por cerca de 100 anos (ELETRONUCLEAR, 2016).

Quanto as energias renováveis (Tabela 1), observa-se que a matriz energética nacional em 2014 era composta por 39% de fontes renováveis, enquanto a mundial era apenas de 9,1% (BEN, 2015). O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE-2024), desenvolvido pela EPE, aponta que as fontes renováveis terão uma participação na matriz brasileira de 43,7% em 2024, sendo 19,2% hidroeletricidade e 24,5% energia de biomassa (lenha, carvão, bagaço de cana, etanol e biodiesel), indicando a importância da bioenergia em relação às usinas hidrelétricas, que será discutida a seguir.

A participação de energia hidráulica na matriz mundial (Tabela 1) poderá diminuir 3%, principalmente pelo fato de novas tecnologias utilizarem a força hidráulica de modo diferente, como por exemplo, a energia dos mares. Estima-se que o crescimento das usinas hidrelétricas brasileiras será tímido (1,5%), mesmo sendo um país continental com grandes mananciais de planalto, alimentados por abundantes precipitações tropicais. Isto se deve ao fato do racionamento hídrico, cada vez mais típico, devido as atuais mudanças climáticas. Ademais, novas usinas de grande porte e de médio, demandam grandes investimentos e além de tudo, há controvérsias em licenciamentos ambientais, devido aos impactos na geografia e meio ambiente. Os custos de transmissão também aumentarão, pois, as novas opções estão cada vez mais distantes dos grandes centros (BEN, 2015).

No Brasil, a biomassa total, que inclui biocombustíveis líquidos, gasosos ou sólidos, usados na produção de energia automotiva, na forma de vapor ou eletricidade é superior à energia das usinas hidrelétricas, todavia se não houver um forte investimento no setor, sua contribuição futura continuará estática nas próximas décadas (WALTER e NOGUEIRA, 2016). Ao contrário do que se observa na matriz mundial, cujo aumento poderá atingir quase 9% em 2040 (Tabela 1).

As outras fontes renováveis, como a energia solar e a eólica, tem progressiva participação no mercado, aumentando (3%) igualmente no Brasil e no mundo. No caso da energia solar e eólica no Brasil, ainda são poucos os incentivos governamentais para cogeração residencial, comercial e industrial (SILVA, 2015).

A demanda de energia primária no Brasil atingiu 305,2 Mtep em 2014, sendo 185,1 Mtep (61%) em energia oriunda de fontes não renováveis e 120,1 Mtep (39%) de fontes renováveis. O petróleo e derivados compõem 64,9% da participação, seguido pelo gás natural (22,4%), carvão mineral (9,5%), em energia nuclear e outras fontes (3,2%). Dentre as fontes renováveis destacamos a energia proveniente de biomassa (60,6%), que inclui biocombustíveis líquidos

como etanol, bioetanol, biodiesel e H-BIO; combustíveis sólidos como lenha, carvão, resíduos da agroindústria, bagaço de cana, capim elefante, sorgo biomassa, briquetes, *péletes* e biogás. A energia hidrelétrica ocupa a segunda maior demanda (29,2%) e outras fontes (10,2%) como a energia solar e a eólica (Figura 1).

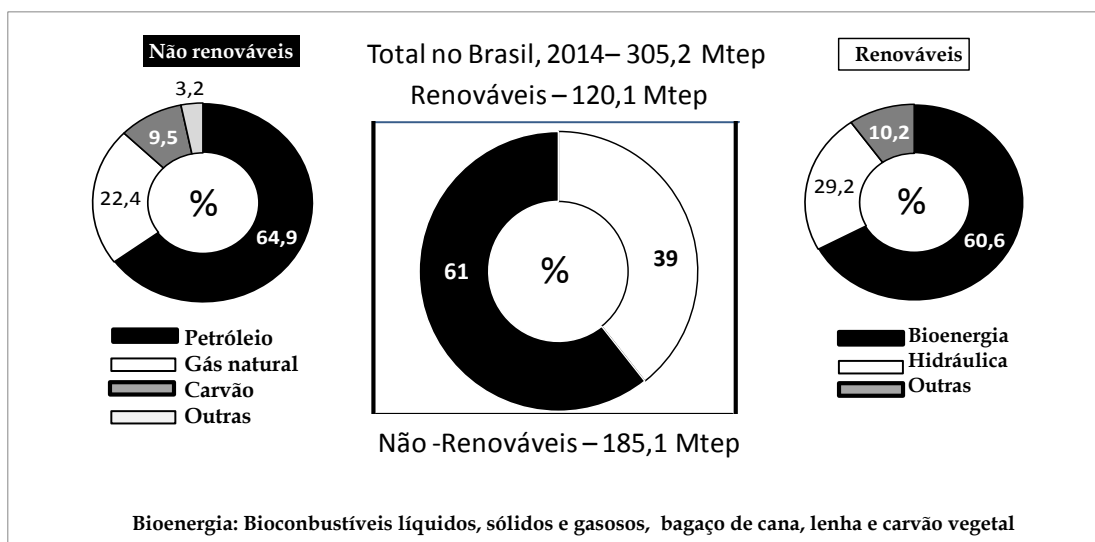


Figura 1 – Oferta de energia em milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) e porcentagem

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados da EPE (BEN, 2015)

A matriz energética brasileira é bastante diversificada com importante participação de energias sustentáveis. Dentre elas, a energia produzida nas hidrelétricas é a principal renovável, com oferta interna na ordem de 35% em 2014. Todavia, a bioenergia supera a energia hidrelétrica, quando somadas todas as capacidades instaladas de energia primária gerada a partir de biomassa (biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos) proveniente de diversos setores agrícolas e industriais do Brasil. Mas no que se refere a energia elétrica, a maior participação ainda é da energia hidráulica, conforme será discutido no tópico seguinte.

2.5.2 A BIOMASSA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo o banco de informações de geração (BIG, 2016) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estão instalados no Brasil cerca de 4.392 usinas em operação, produzindo 140 MW de energia elétrica. Segundo a ANEEL, a matriz brasileira é muito dependente de usinas hidrelétricas, pois em relação às fontes renováveis ou não, ela é responsável por cerca de 61,5% da capacidade nacional instalada. Porém, isolando-se as principais energias renováveis, a situação revela-se ainda mais grave em termos de

dependência, pois atinge 81% de participação, contra as principais fontes renováveis, representadas pela biomassa (12%) e outras (7%), principalmente, as energias solar e eólica (Figura 2).

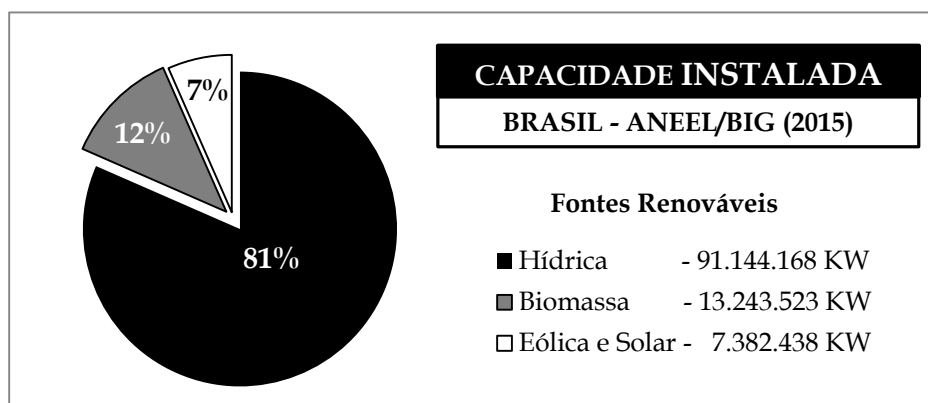


Figura 2 – Oferta de energia elétrica em quilowatts (kW) e participação (%).
Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados da ANEEL (BIG, 2015)

Os riscos inerentes dessa dependência decorrem das mudanças climáticas que reduzem os regimes hídricos e limita a produção hidrelétrica, e da ausência de investimentos na estruturação das bacias de captação de águas, levando ao racionamento de energia. Diante desse cenário crítico toda geração de energia elétrica se torna relevante (ANEEL, 2015).

A complementação da energia elétrica para atender a demanda brasileira, nos períodos de escassez hídrica, vem principalmente do apoio de termelétricas movidas a gás natural, acarretando maiores encargos operacionais quando são acionadas. Isso ocasionou desde 2015, um aumento médio superior a 50% nas tarifas, segundo o Grupo de Estudos do Setor Elétrico-UFRJ (GESEL, 2016).

A geração de energia elétrica a partir da biomassa vem principalmente no setor sucroalcooleiro. Teve início em 2004, por meio do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), a fim de aumentar a participação de fontes renováveis no Sistema Interligado Nacional e conseqüentemente, aumentar a segurança energética do país e valorizar a cogeração de energia, segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2016).

A capacidade instalada no Brasil, em 2015, era de 516 termelétricas movidas à biomassa, totalizando 13.243.523 kW, produzidos nos setores agroindustrial (80,33%), florestal (19,06%), de resíduos em aterros sanitários ou dejetos animais (0,58%) e em termelétricas movidas à óleos vegetais (0,03%) - Tabela 2.

Tabela 2 – Número de usinas, produção em quilowatts e participação (%) da biomassa

SETORES	BIOMASSA	Participação por Biomassa			Participação por Setor		
		Nº	kW	%	Nº	kW	%
Agroindústria	Bagaço de cana	394	10.532.820	79,52	410	10.638.775	80,33
	Capim elefante	3	65.700	0,50			
	Casca de arroz	11	39.533	0,30			
	Biogás	2	1.722	0,01			
Florestal	Carvão vegetal	7	51.397	0,39	82	2.523.323	19,06
	Gás de alto-forno	9	111.865	0,85			
	Ligor negro	17	1.978.136	14,94			
	Resíduos florestais	49	381.925	2,88			
Resíduos	Biogás animal	10	1.924	0,01	22	77.075	0,58
	Biogás urbano	12	75.151	0,57			
Biocombustível	Óleos vegetais	2	4.350	0,03	2	4.350	0,03
Total		516	13.243.523	100	516	13.243.523	100

Fonte: elaborado pelo autor a partir de ANEEL (BIG, 2016)

A agroindústria totaliza 410 empreendimentos de cogeração de energia, a maioria utilizando-se do bagaço de cana do setor sucroalcooleiro, que desde 2008 enfrenta grande crise econômica.

A biomassa do bagaço e da palha da cana, antes rejeitos, passaram a serem importantes fontes remuneradoras dentro de um setor em crise, pois além dos investimentos do PROINFA, via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), outras políticas públicas permitiram a regulamentação das redes de transmissão, distribuição e remuneração da energia excedente (UNICA, 2015).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), uma dificuldade nessas usinas termoelétricas é manter constante o fornecimento de energia, pois há escassez de matéria-prima no período de entressafra. O bagaço e a palha de cana só estão disponíveis em abundância de maio a novembro na região sudeste, período da seca. Algumas soluções são tomadas para mitigar o problema, usando-se outros biocombustíveis sólidos, como o palhiço, o cavaco de eucalipto e o plantio de capim-elefante e o sorgo biomassa (YUAN, 2008).

No Brasil, de acordo com a ANEEL (2016), existem três usinas que utilizam exclusivamente a biomassa de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), instaladas

nos Estados da Bahia (30.000 kW), Mato Grosso (34000 kW) e Amapá (1700 kW), totalizando 65.700 kW (Tabela 2).

De acordo com a circular técnica 67 de 2013 da EMBRAPA, (MARAFON *et al.*) esse capim é perene, forma touceiras altas e apesar de originário da África, é bastante difundido nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Inclusive, ele é muito usado na pecuária brasileira como alimento para animais. Também, apresenta biomassa com características favoráveis para fins energéticos, tais como altos teores de fibras, alta relação carbono/nitrogênio e alto poder calorífico. A matéria seca do capim-elefante pode ser usada de três formas, diretamente na alimentação de caldeiras, para a sua transformação em carvão vegetal, ou então, para a produção de briquetes ou *péletes* de alto poder calorífico (MARAFON *et al.*, 2013).

No Brasil, em 2015, operavam 11 usinas de biomassa da palha de arroz, a maioria no Sul do país. Todas juntas geram 39.533 kW, o que representa 0,3% do total da produção energética nacional (Tabela 2). Segundo Maffioletti e Mota-Neto (2013), uma indústria que beneficia aproximadamente 14.500 kg por hora de arroz com casca é suficiente para abastecer um micro central termoelétrica de 1.200 kW. A casca corresponde a 22% da massa total do grão beneficiado, portanto, 3,2 t/h, representando uma produção anual de 26.560 t de casca.

A Pesquisa Agropecuária Municipal (IBGE/PAN-2014), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revelou que a produção brasileira de arroz em casca, em 2014, foi de 19.193 mil toneladas, sendo as principais regiões produtoras o Sul (38%), o Centro-Oeste (18%) e o Sudeste (16%).

Outras atividades agrícolas podem contribuir com a geração de biomassa direta ou indiretamente. Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável (ABIB), em seu atlas da biomassa e bioenergia no Brasil, salienta sobre a enorme quantidade de resíduos de biomassa, oriundos das produções agrícolas do país. Ela estima que em 2015 tenham sido gerados 202,18 milhões de toneladas de resíduos da agricultura, de diversas plantações, da pecuária, da silvicultura, das indústrias de beneficiamento de alimentos e bebidas; das indústrias de papel-celulose e do setor madeireiro-moveleiro (ABIB, 2016).

O setor florestal, representado principalmente pela indústria de papel e celulose, madeireiras e indústrias moveleiras, possui 82 usinas movidas a biomassa, produzindo cerca de 2.523.323 kW, o que corresponde a 19,06% de participação conforme dados da ANEEL (2015). Destas usinas, 49 utilizam resíduos de madeira para a geração de energia, 17 usam o licor negro, 9 gás de alto-forno e 7 carvão vegetal. A biomassa em destaque no setor florestal

é o licor negro (1.978.136 kW), a segunda maior participação (14,94%) entre todas as fontes de biomassa, posição inferior ao bagaço de cana (Tabela 2).

A lixívia celulósica ou licor negro é um líquido denso e de cor preta, composto na base seca, por 60% de matéria orgânica e o restante em matéria inorgânica. A porção orgânica tem complexa composição, de modo geral, inclui ácidos carboxílicos alifáticos e fragmentados da lignina, formados no processo kraft, que transforma a madeira em polpa celulósica. A fração inorgânica é formada por reagentes não convertidos no processo de polpação e resíduos químicos como hidróxido de sódio, sulfeto de sódio, carbonato de sódio, sulfato de sódio, tiosulfato de sódio e cloreto de sódio. Trata-se de um resíduo problemático por possuir ativa alcalinidade podendo ocasionar diversos problemas ambientais. Apesar de ser um efluente tóxico e poluente, o licor negro é preparado para ser utilizado como combustível em caldeiras de recuperação da fração inorgânica e sua combustão forma vapor superaquecido, usado na geração de energia elétrica. Seu poder calorífico oscila próximo de 2860 kcal/kg, tornando-o uma fonte indispensável na cogeração de energia em indústrias de papel e celulose (MAUNSBACK et al., 1999).

O carvão vegetal é usado nas unidades operadoras, totaliza 51.397 kW (Tabela 2). Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o carvão é obtido por pirólise da madeira, a fim de remover a água e componentes voláteis. São necessárias 2,2 t de lenha de eucalipto para a obtenção de 1 t de carvão vegetal. São fatores estratégicos, melhorar a eficiência na pirólise e a qualidade final do carvão, para diminuir o consumo em siderúrgicas e conseqüentemente diminuir o consumo de florestas energéticas ou nativas. Com relação aos GEE, estima-se que 78 kg de gás metano (CH_4) sejam emitidos para a produção de 1 t de carvão vegetal, considerando-se que 1 Kg de metano corresponde a 21 kg de dióxido de carbono (CO_2) em termos de GEE, (CGEE, 2016).

Segundo dados do BIG (2015), 111.865 kW de energia são produzidos com a participação do gás de alto-forno movido a biomassa (Tabela 2). Em geral, essas centrais elétricas normalmente operam com algum tipo de caldeira que utiliza como combustível o gás de alto-forno proveniente da siderúrgica, em paralelo com queimador seco de biomassa, essa junção viabiliza o projeto. O gás de alto-forno movido à biomassa é usado em companhias siderúrgicas localizadas principalmente nos Estados de Minas e São Paulo.

Conforme a ANEEL (2016), no Brasil 22 usinas produziram 77.075 kW de energia elétrica a partir da produção de biogás, a maior contribuição (75.151 kW) foi a partir de 12 usinas de resíduos urbanos de aterros sanitários controlados (Tabela 2). As maiores usinas

elétricas movidas a biogás de aterro controlado se encontram em Salvador no Estado da Bahia e em Itajaí no Estado de Santa Catarina. Outras usinas com menor participação geram biogás a partir de resíduos de beneficiamento ou criações zootécnicas, principalmente suinocultura. Elas produziram apenas 1.924 kW, porém essa geração de eletricidade no meio rural é fundamental para a redução dos custos da produção agropecuária e melhorar a qualidade de vida no meio rural.

O biogás é gerado por bactérias anaeróbicas durante a biodegradação da matéria orgânica. É uma mistura de metano (40 -70%), dióxido de carbono (30-60%) e outros gases (1-5%), como hidrogênio e sulfeto de hidrogênio. Seu poder calorífico é de 5.500 Kcal/m³. Pode ser queimado para reduzir o efeito estufa ou aproveitado para uso doméstico, motores de combustão interna, sistemas de geração de energia elétrica ou térmica. Porém para ser utilizado como gás natural, gás natural veicular (GNV), gás natural comprimido (GNC) ou gás natural liquefeito (GNL) é necessário o processo de purificação retirando-se a água, o sulfeto de hidrogênio e o dióxido de carbono, obtendo-se o biometano, com pelo menos 95% de metano (ANEEL, 2016).

Segundo os registros no BIG (2016) de duas refinarias de óleo bruto de palma e palmiste no estado do Pará, que produzem 4.350 kW para consumo próprio, em dois municípios Tailândia e Acará. Até 2010 essas usinas produziram biodiesel de palma e atualmente utilizam o óleo para a indústria alimentícia.

Finalizando, cabe ressaltar que, a cadeia produtiva da biomassa e sua transformação, apresenta alta demanda de recursos humanos, por isso, do ponto de vista social, tem enorme potencial de geração de empregos e renda, embora a maioria dos postos de trabalho seja desqualificada e de baixa remuneração. Nesse sentido, são necessárias políticas de fortalecimento dos setores e regiões agrícolas, melhorando a qualidade de vida da população rural, promovendo a inclusão social, valorizando a cultura rural, reduzindo as desigualdades e aumentando as oportunidades para o homem do campo e desse modo, fortalecendo as cadeias produtivas da economia rural.

2.6 CONCLUSÕES

O Setor agrícola brasileiro, por meio dos restos de cultivo e das culturas energéticas, é relevante na produção de agroenergia e possui enorme potencial de expansão e diversificação na matriz energética brasileira;

Os cultivos para fins energéticos de plantas lenhosas, sacarinas, oleaginosas ou amiláceas, necessitam de grandes áreas, exploram recursos do solo e água, formam monoculturas e concorrem com a produção de alimentos;

As florestas energéticas contribuem para a geração de bioenergia com a lenha, carvão vegetal e licor negro evitando o desmatamento de reservas naturais. Além disso, podem ser convertidas em créditos de carbono como Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Todavia, apresentam retorno de investimento à médio ou longo prazo, exploram recursos de solo, formam vários territoriais e concorrem com a produção de alimentos;

-Os resíduos lignocelulósicos, de madeiras, movelarias, podas de árvores, e de cultivos agrícolas apresentam potencial para a geração de energia termelétrica, principalmente na forma de briquetes e péletes;

-Após o bagaço de cana, o capim-elefante foi a biomassa de maior participação na cogeração em termoeletricas brasileiras.

- As perspectivas de mercado para briquetes são as melhores possíveis de modo geral, ademais com as contribuições da biomassa de capim elefante, e ainda, com as pressões ambientais quanto a redução de consumo de combustíveis fósseis.

- A diversidade genética de Capim-elefante é enorme, existindo grande diversidade de acessos com diferentes caracteres morfo-agronômicos e de qualidade da biomassa, com aptidão para melhoramento genético visando produção de bioenergia via combustão direta da biomassa, principalmente a partir de estudos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Estadual do Norte Fluminense.

2.7 REFERÊNCIAS

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável. **Atlas Brasileiro da Biomassa Florestal e Industrial de 2015**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://abibbrasil.wix.com/brasilbiomassa>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Ministério de Minas e Energia. **Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET)**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - BIG-2016, Ministério de Minas e Energia. Banco de Informações de Geração (BIG-2015) **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em:

< <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **CCEE completa 15 anos de atuação no setor elétrico brasileiro**. Disponível em:

<https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticia leitura?contentid=CCEE_180601&_afLoop=56430300317714&_adf.ctrl-state=u0b7qlbdy_31#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_180601%26_afLoop%3D56430300317714%26_adf.ctrl-state%3Du0b7qlbdy_35>. Acesso em: 02 dez. 2016.

ELETRONUCLEAR/ Eletrobras. **Dados Operacionais, 2016**. Disponível em:

< <http://www.eletronuclear.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia. **PNE-2030**.

Disponível em: <<http://antigo.epe.gov.br/PNE/Forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

EPE. Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os Próximos 10 anos (**PDEE 2015-2024**). Série: Estudo da Demanda, Nota Técnica DEA 03/15. Rio de Janeiro, fev. 2015.

<<http://antigo.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA%2003-2015-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015-2024.pdf>>. Acesso em 02 jul 2017.

GESEL. Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Publicações**. Disponível em:

< <http://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/Publications>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. Massachusetts, USA: Elsevier, 2006.

MAFFIOLETTI, J.; MOTA NETO, J. Geração de energia elétrica com uso de casca de arroz. **Revista Brasileira de Energia**, v.19 n.1, p. 49-59, 2013.

MARAFON, A. C. et al. Produção e qualidade da biomassa de genótipos de capim-elefante com fins energéticos cultivados nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Circular Técnica**, Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, n. 67, 2013.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Biomassa é a segunda maior fonte de energia em 2016**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/>>

/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia-em-2016> Acesso em 16 mar. 2017.

MYATT, G. J. Making Sense of Data - A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining. 2. ed. New York: **John Wiley and Sons**, 2007.

SANTOS, E. M. dos et al. Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2017.

SILVA, R. M. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro 2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma perspectiva. **Novos estudos**, v.79, p. 43-54, 2007.

ÚNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Etanol e Bioeletricidade**: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. 1. ed. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

WALTER, A.; NOGUEIRA, L.A.H. Sistemas de geração de eletricidade a partir da biomassa. Depósito de documento de la FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t2363s/t2363s0c.htm>>. Acesso em 10 de Jul. 2016.

YUAN, J .S. Plants to power: bioenergy to fuel the future. **Trends in Plant Science**. v.13, n.1, p. 421-429, 2008.

3 CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS PARA CULTIVO E USO DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

(Artigo 2)

3.1 RESUMO

O capim-elefante (*Pennisentum purpureum schum*) é uma gramínea usada para a alimentação animal, mas pode ser utilizada como produtora de lignocelulose destinada à produção de bioenergia, isso devido ao seu alto poder calorífico (4.200 kcal/kg) e à sua produtividade (40t/ha/ano). Este artigo visa realizar um levantamento bibliométrico referente ao cultivo e uso do capim-elefante para fins energéticos. Foram realizadas prospecções nas bases Scopus e *Web of Science*, utilizando os termos em inglês “Energy”, “Production”, “Biomass” e “Elephant grass”, combinados aos pares, em trio e com todos. A mesma sequência foi usada em português. Foram selecionados 40 artigos da base *Scopus* e 35 da *Web of Science*. Em seguida, os mais recentes artigos foram selecionados com base em 2011, restringindo o estudo para 33 publicações da base *Scopus* e 32 da *Web of Science*. Por fim, foram selecionados 10 artigos principais, destacando-se seus autores, periódicos, países de origem, tipo de documento, área do conhecimento e idiomas mais utilizados. Além disso, foram acrescentados mais seis artigos obtidos por levantamento bibliográfico devido à sua relevância regional. Os resultados forneceram o referencial teórico para os estudos propostos e contribuíram de forma sistemática para a compilação das publicações mais relevantes sobre o tema.

Palavras-chave: Capim-Elefante. Biomass. Energia e Produção.

3.2 ABSTRACT

Elephant grass is a grass used for animal feed but can be used as a lignocellulosic producer for bioenergy production, due to its calorific value (4,200 kcal / kg) and productivity (40 t / ha / year). This article aims to carry out a bibliometric survey concerning the cultivation and use of elephant grass for energy purposes. Scopus and Web of Science surveys were conducted using the terms "Energy", "Production", "Biomass" and "Elephant grass", combined in pairs, in trio and with all. The same sequence was used in Portuguese. We selected 40 articles from the Scopus database and 35 from the Web of Science. Then the latest articles were selected from 2011, resting the study for 33 publications of the Scopus base and 32 from the Web of Science. Finally, 10 main articles were selected, highlighting their authors, periodicals, countries of origin, type of document, area of knowledge and most used

languages. In addition, six articles obtained by bibliographic survey were added due to their regional relevance. The results provided the theoretical framework for the proposed studies and contributed systematically to the compilation of the most relevant publications on the subject.

Keywords: Elephant Grass, Biomass, Energy and Production

3.3 INTRODUÇÃO

A relevância dessa proposta consiste no fato de que, o capim-elefante é uma imponente alternativa de energia renovável para o Brasil, podendo contribuir com a matriz energética. Alternativas como essa, são cada vez mais urgentes, devido ao aumento do consumo de energia provida por combustíveis fósseis, grandes responsáveis pela expansão dos gases de efeito estufa. Essa problemática é um desafio para as nações atuais e tem obrigado aos governos buscarem fontes renováveis de energia, “mais amigáveis” do ponto de vista ambiental, tais como: biomassa, fotovoltaica, eólica, hidráulica, maremotriz e correntes marítimas, entre outras, que podem ser utilizadas para iluminação, aquecimento e geração de eletricidade (WOLDEYOHANNES, 2016).

A partida inicial de uma pesquisa envolve uma grande demanda de leitura de artigos, teses e dissertações, muitas vezes difíceis de serem reunidas. As bibliotecas ao longo da história serviram a esse propósito por ser um local com um grande repositório de documentos impressos e hoje muitos deles digitais. O surgimento da biblioteca virtual propicia um acesso rápido, dinâmico permitindo ao usuário obter informações a qualquer tempo de qualquer lugar, de forma estruturada (Sayão, 2008).

Segundo Marchiori (1997), Machaco et al (1999) e Pereira & Ritina (1999), a história e a evolução das bibliotecas dividem-se em três fases, por características particulares determinadas pelas tecnologias existentes em cada época. Na primeira fase tem-se a biblioteca tradicional estabelecida e delimitada por um espaço físico e seus serviços e produtos onde o acervo é apresentado sob a forma de documentos de registros desde Aristóteles até as bibliotecas automatizadas (OHIRA, 2002). Na segunda fase as bibliotecas passam a utilizar a tecnologia da informática, dando início ao conceito de biblioteca eletrônica onde com computadores exercem as funções básicas de catalogação, indexação e organização do acervo. Neste período inicia-se os acessos on-line, bancos ou bases de dados. Algumas dessas bases condensam e sistematizam suas obras por áreas e temáticas do conhecimento científico (CUNHA, 2008)

Esse trabalho visa realizar uma copilação, em bases científicas, das principais publicações sobre o cultivo e uso do capim-elefante como cultura energética produtora de biomassa para fins de produção de biocombustíveis sólidos, pellets ou briquetes. Para tanto propõe a sistematização adaptada de Costa (2010).

Neste artigo, buscou-se o estado da arte através da revisão da literatura utilizando-se a bibliometria para consubstanciar os mais recentes e relevantes artigos indexados nas bases técnico-científicas *Scopus* e *Web of Science*, para uma análise de seus conteúdos, autores que se dedicam ao tema, periódicos mais frequentes, o interesse dos países sobre o tema, tipos de documentos mais comuns, principais áreas do conhecimento e idiomas mais utilizados.

3.4 METODOLOGIA

O levantamento dos dados baseou-se no modelo proposto no trabalho de Costa, 2010. A pesquisa foi realizada através da base de dados *Scopus* e *Web of Science*, no mês de agosto de 2017. Foram realizadas prospecções nas bases de dados científicos *Scopus* (B1) e *Web of Science* (B2), utilizando os termos “*Energy*”, “*Production*”, “*Biomass*” e “*Elephant grass*”, codificados respectivamente com E, P, B e G. Posteriormente, para afinamento da busca, foram realizadas as combinações “P and G”, “E and G”, “B and G”, “P and B and G”, “P and E and G” e por fim “P and E and B and G”, os quais posteriormente serão apresentados no Quadro 1 de resultados.

Essa última combinação, com todos os termos, foi pesquisada com corte temporal de 2011 a 2017, embora esse último não tenha findado, a fim de prospecção por artigos recentes nas duas bases, o que retornou 32 registros para a base B1 e 33 para B2. Esses registros foram mensurados conforme o número de publicações por ano, área do conhecimento, países de origem, instituições de pesquisa, autores, periódicos e base de indexação.

A análise exploratória dos dados se deu por estatística descritiva via cálculo das frequências absolutas, que foram apresentados, por meio de gráficos tipológicos de barras, quanto aos autores com maior número de publicações, principais formatos de publicação e meios de publicação, as filiações dos autores aos seus respectivos institutos de ensino-pesquisa, os países que mais tratam do tema e as áreas do conhecimento nas quais os registros foram indexados nas duas bases (B1 e B2) investigadas.

Finalmente, foi elaborada uma nuvem de palavras a partir das palavras-chaves encontradas nos artigos abordados e selecionados das bases *Scopus* e *Web of Science*, 2018, após os procedimentos de bibliometria sobre o tema em estudo. Para tanto foi

utilizado o aplicativo livre “Wordle”. A finalidade dessa abordagem final foi verificar a aderência dos artigos ao tema da dissertação.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As buscas foram realizadas utilizando-se os termos “Energy” com retorno de 3.715.849 e 2.646.873 publicações, respectivamente para as bases *Scopus* (B1) e *Web of Science* (B2). Em seguida, em nova busca com “Production” foram achados 2.499.029 (B1) e 1.711.030 (B2); utilizando “Biomass” foram revelados 283.518 (B1) e 248.013 (B2), e finalmente, utilizando “Elephant Grass” foram observados 955 (B1) e 869 (B2) publicações. Em sequência, foram realizadas as combinações dos termos como demonstrado na Tabela 3.

Na primeira combinação, “*Elephant Grass and Production*” foram identificadas 287 e 272 publicações, respectivamente para as bases B1 e B2. Para a combinação “*Elephant Grass and Biomass*” foram indentificados 155 e 135 publicações e para “*Elephant Grass and Energy*” foram identificadas 150 e 135 publicações, respectivamente. Como observado, as bases apresentaram resultados similares para as combinações propostas, que totalizaram 1.507 registros, sendo 785 para B1 e 722 para B2, nota-se também os mesmos percentuais por combinação proposta (Tabela 3).

Buscando maior refinamento da pesquisa, foram ainda propostas as combinações entre termos, “*Elephant Grass and Production and Biomass*”, retornando 88 (B1) e 83 (B2) publicações. Em seguida, os termos “*Elephant Grass and Production and Energy*” quando foram encontradas 65 (B1) e 62 (B2) publicações. Uma derradeira combinação entre “*Elephant Grass and Production and Biomass and Energy*”, assim foram registrados 40 (B1) e 35 (B2) publicações.

Além disso, outro refinamento foi adotado visando publicações atempladas e para isso procedeu-se um corte temporal (2011-2017), objetivando identificar as publicações mais recentes nos últimos dez anos e desta forma, foram descobertos 33 (B1) e 32 (B2) publicações, mostrando que a maioria (93%) das publicações foi realizada nesse período. Esses registros podem ser caracterizados como publicações na forma de artigos de períodos científicos (89%), revisões de literatura (6%), palestras publicadas (3%) e comunicados técnicos (2%), sendo todos considerados. Dessas publicações, buscou-se mensurar o número de registros por autores, periódicos e áreas do conhecimento que apresentaram maior concentração de artigos relacionados ao tema em estudo, ano da publicação, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Registro de publicações nas bases *Scopus* (B1) e *Web of Science* (B2).

Afinamento de busca	Combinações	B1 (%)	B2 (%)
Produção de capim-elefante	PxG	287 (37)	272 (38)
Energia de capim-elefante	ExG	150 (19)	135 (19)
Biomassa de capim-elefante	BxG	155 (20)	135 (19)
Produção de biomassa de capim-elefante	PxBxG	88 (11)	83 (11)
Produção de energia de capim-elefante	PxExG	65 (08)	62 (08)
Produção de energia de biomassa de capim-elefante	PxExBxG	40 (05)	35 (05)
Total	-	785	722

Fonte: bases *Scopus* (B1) e *Web of Science* (B2), 2017.

O número registrado de publicações no corte temporal (2011-2017), com a combinação de todos os termos, foi de 32 publicações na base Scopus e 33 na Web of Science, os quais também foram apresentados por ano de publicação (Figura 3). Analisando a evolução das publicações por ano, observa-se a predominância de artigos nos anos 2014 e 2015, atingindo registro de seis a sete publicações por base. Na distribuição por ano de publicação entre as bases observa-se uma semelhança em números de publicações, exceto para o ano de 2017, embora o mesmo não tenha findado.

Áreas que obtiveram maior número de publicações de artigos científicos foram Agricultura e Ciências Biológicas da base Scopus com 18 artigos contra 11 da Web Science e em seguida Energy, destacando se a base Web Science com 12 publicações contra 9 da base Scopus (Figura 4). Podemos considerar que a partir do ano 2000, a preocupação com as questões ambientais cresceu vertiginosamente, sendo discutidas amplamente e com grande participação da maioria das nações mundiais, sendo a década em que os tratados e as discussões anteriores começaram a firmarem se com ações.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), em seu Artigo 1, entende que “Mudança do clima” significa uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis. Nessa década as fontes de energia limpa e renovável assumiram o papel definitivo com energia para o futuro da humanidade (TOLMASQUIM et al. (2007).

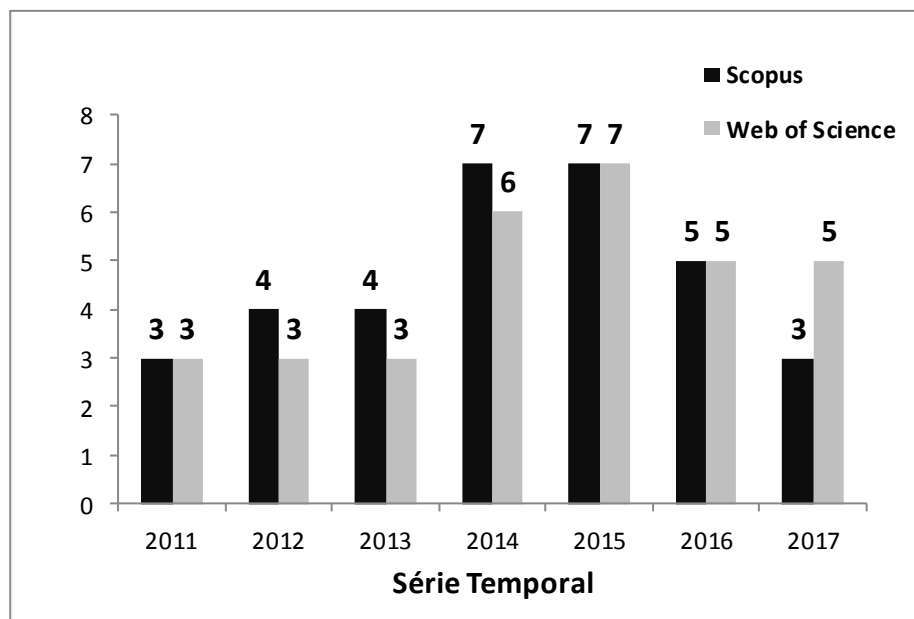


Figura 3 – Publicações anuais por base de pesquisa, 2011-2017.
Fonte: Bases *Scopus* e *Web of Science* (2017).

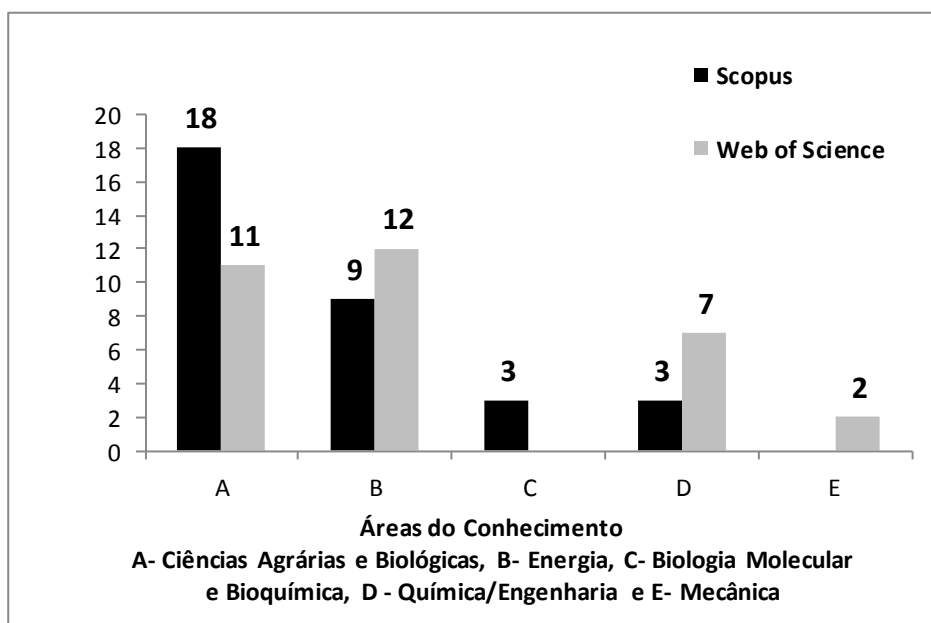


Figura 4 – Publicações anuais por base de pesquisa, 2011-2017.
Fonte: Bases *Scopus* e *Web of Science* (2017).

Essa resposta era esperada uma vez que o tema está interligado à agricultura e as políticas que estão sendo adotadas para as energias renováveis (OHIMAIN, 2013). Os trabalhos levantados discorrem sobre técnicas de cultivo e manejo do capim-elefante, tais como fertilização (FLORES et al., 2012b, FLORES et al., 2013, MORAIS et al., 2012).

Através da irrigação, ou melhoramento genético de características agrônômicas de cultivares para fins energético especificamente em novas áreas de cultivo (FLORES et al.,

2012a), e melhoramento com base no aumento do teor de fibras, o que é indesejável para a alimentação de rebanhos (GARCIA et al., 2011), mas é importante para a produção de uma boa biomassa para fins energéticos (CARVALHO-NETO et al., 2014), pois está diretamente correlacionada com o poder calorífico da biomassa seca (XIE et al., 2011).

Além disso, alguns trabalhos abordam a análise econômica entre fontes de biomassa, levando em consideração não somente a produção de biomassa, mas o custo de sua produção, emissão de gases de efeito estufa durante o cultivo (QUÉNO et al., 2011.) e o custo da energia final produzida (BRAGA et al., 2014ab); FORBES et al., 2014). Há também pesquisadores estudando rotas industriais para o uso dessa biomassa para a produção de biocombustíveis, como o etanol lignocelulósico (BRAGA et al., 2014b; MENEGOL et al., 2014a e b; JONKER et al., 2015).

Quando se trata dos autores com maior número de registros, observa-se que Daher, R, F apresenta 7 publicações na base *Scopus* e 2 na base *Web Science* e Alves, B.J.R, com 5 artigos na base *Scopus* e 3 na *Web Science* sendo estes os que se destacaram (Figura 5). Quanto ao tipo de documento de divulgação, obviamente os autores preferem artigos em periódicos em detrimento aos demais tipos (Figura 6). Isso se reflete na afiliação dos autores às suas respectivas instituições de pesquisa (Figura 5.5) e os países onde elas estão localizadas (Figura 8)

Esse fato possivelmente refletiu na adesão de diversos pesquisadores à essa problemática. No caso específico da produção de biomassa de capim-elefante, isso deve ter influenciado países com grande potencial de matéria prima, principalmente em países de grande extensão territorial e clima tropical e subtropical. Como no caso do Brasil, onde existe um grande território agrícola, abundância de cultivos a serem explorados como biomassa geradora de energia (MILLES, 2008).

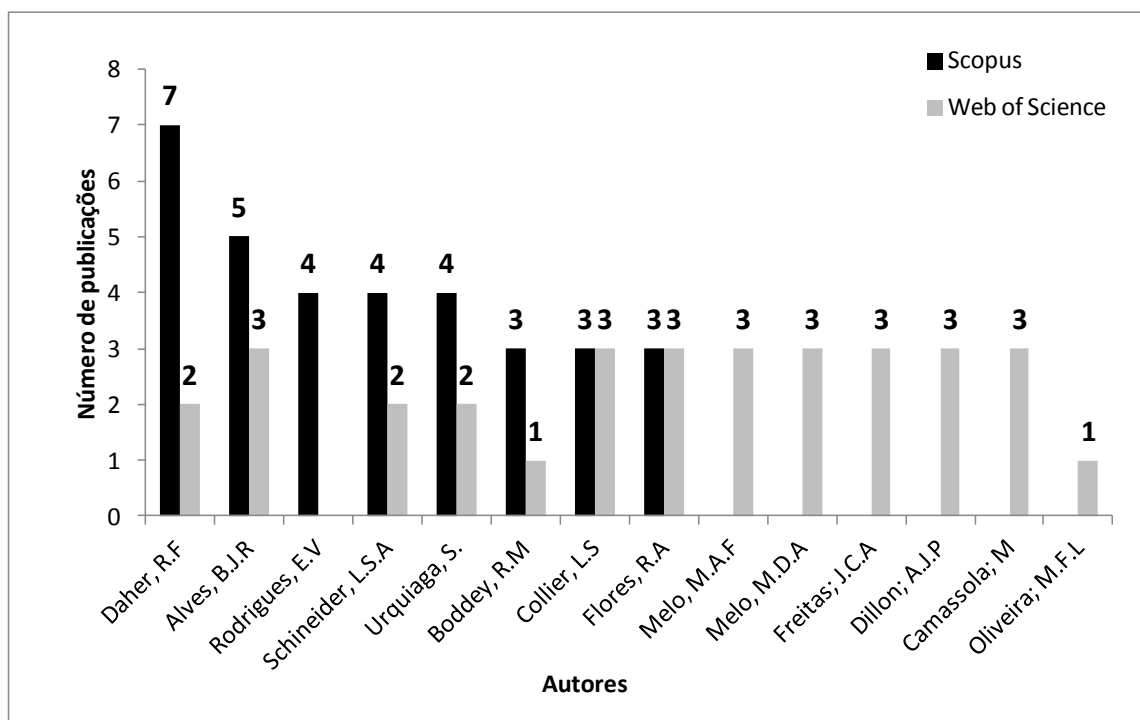


Figura 5 – Publicações por autores, 2011-2017.
Fonte: Bases *Scopus* e *Web of Science* (2017).

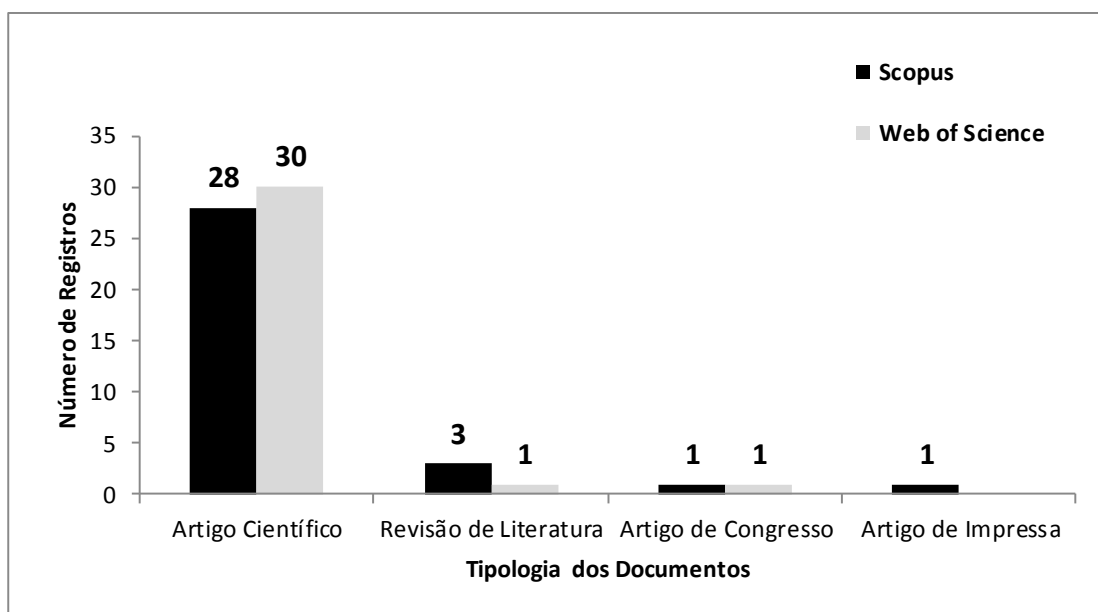


Figura 6 – Publicações por tipo de documento, 2011-2017.
Fonte: Bases *Scopus* e *Web of Science* (2017).

As publicações por afiliação que mais se destacaram foram do Brasil e dentre elas chama a atenção para a Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira (Embrapa) e a Universidade Federal Norte Fluminense (UENF) juntas totalizaram 18 publicações 10 na base Scopus e 8 na base Web Science no período estudado (Figura5.5). Os países que mais

destacaram se foram o Brasil com 28 publicações na base Scopus e 20 na base Web Science, seguida China com 3 publicações na Scopus e 5 na Web Science respectivamente (Figura 8)

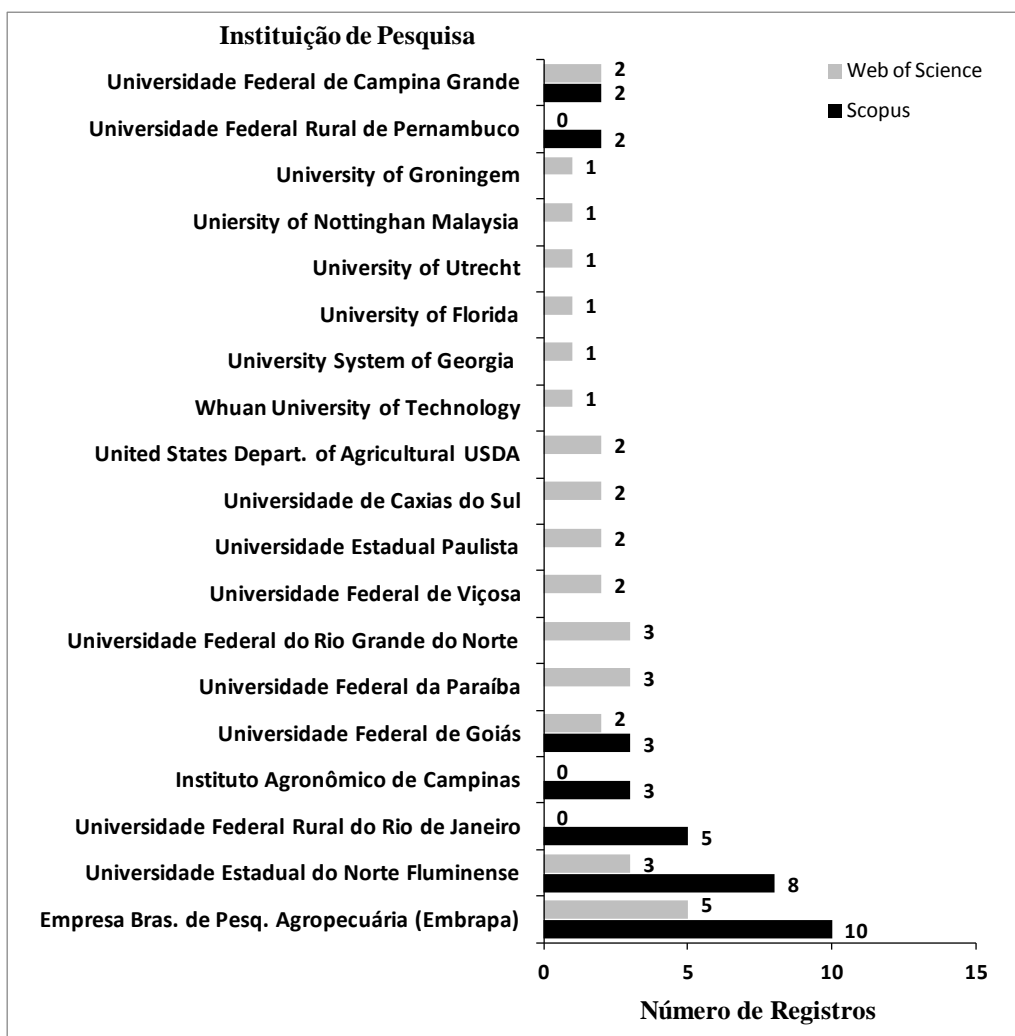


Figura 7– Publicações por instituição de pesquisa, 2011-2017
 Fonte: Bases *Scopus* e *Web of Science* (2017).

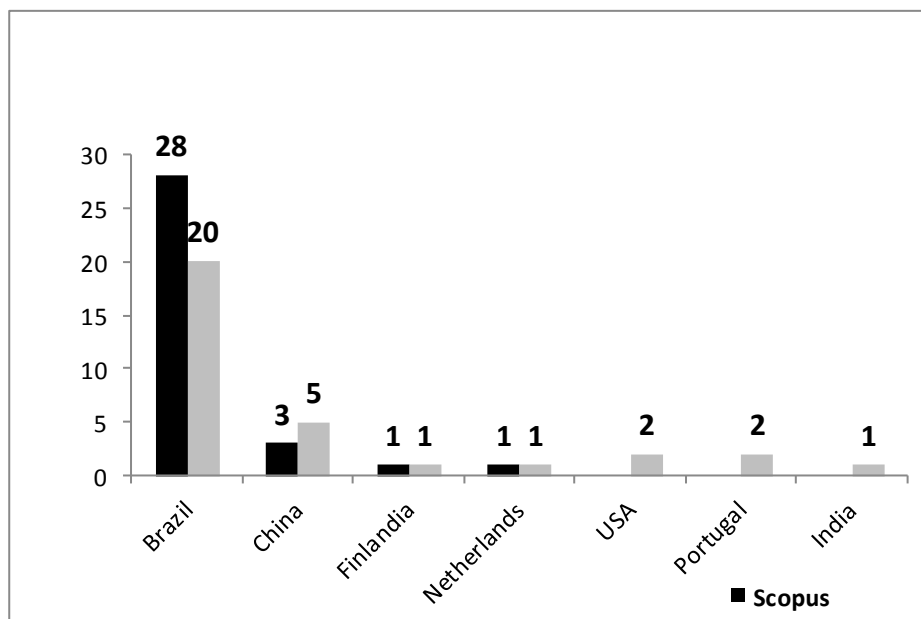


Figura 8 – Publicações por países, 2011-2017.
Fonte: Bases *Scopus* e *Web of Science* (2017).

A análise dos artigos ocorreu pela aderência e combinação dos termos “Elephant Grass and Production and Biomass and Energy”, também pesquisados em português, de acordo como tema central deste estudo, de tal forma que ao final foram selecionados 44 e apresentados no Quadro 1 (Anexo).

Após a leitura 44 trabalhos, avaliando os títulos e os resumos, validou-se 11 artigos relevantes ao tema em 08 periódicos, como a seguir: *Applied Energy* (um), *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* (dois), *Cerne* (dois), *Genetics and Molecular Research* (dois) *Energy Biomass Production*, *Energy and Fuels* (um) *Australian Journal of Crop Science* (dois), *Conversion for Energy Production* (um) (Quadro 5.2). Além desses 11 artigos no Quadro 5.3 (Anexo), foram acrescentados outros 6 artigos por relevância ao tema e correlacionados à região de Campos dos Goytacazes.

A confirmação da aderência dos artigos foi possível construindo uma nuvem de palavras conforme Figura 9. Nela os termos em destaque por predominância no idioma Inglês foram: “Elephant, Grass, energy, biomass e production”.

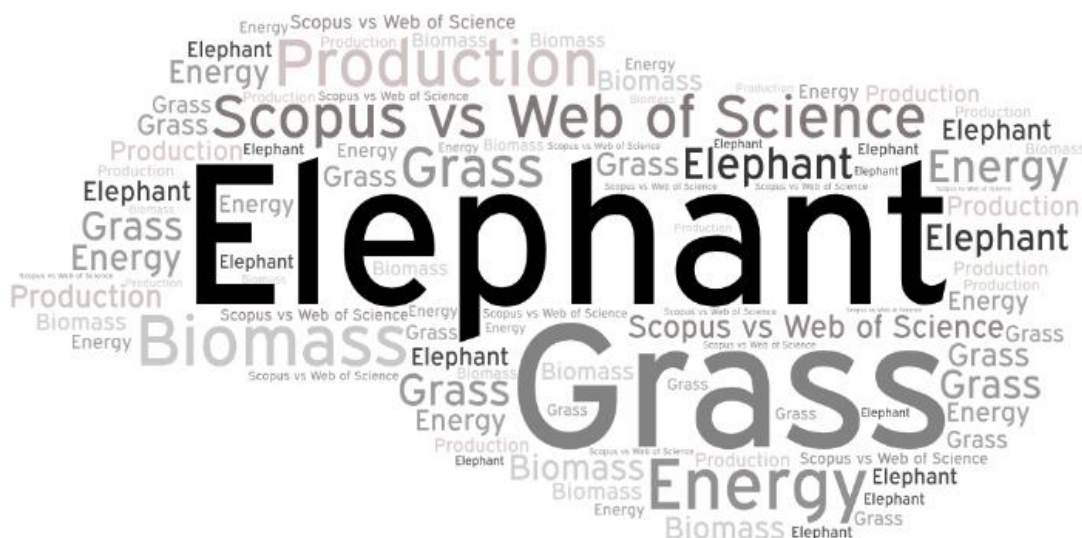


Figura 9. Nuvem de palavras dos artigos selecionados na bibliometria, de acordo com as bases *Scopus e Web of Science*, 2018 – Elaborado pelo autor.

3.6 CONCLUSÕES

-A bibliometria proposta relata 75 documentos que estão indexados ao tema “Produção de energia de biomassa de capim-elefante”; destes 32 são publicações na forma de “artigos científicos de periódicos” dos dez últimos anos, com densidade de registros anos de 2014 e 2015, referentes à década em que o tema “Energias Renováveis e Limpas” se tornou relevantes mundialmente.

-Os registros se concentram no Brasil e na China, sendo os autores brasileiros em destaque afiliados à Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira e a Universidade Estadual do Norte Fluminense.

A cultura do capim-elefante tem grande potencial para a geração de bioenergia, contudo ainda são poucos os registros mundiais, indicando um nicho de oportunidades para novos estudos e desenvolvimento de novas tecnologias.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, R. M. et al. Pyrolysis Kinetics of elephant grass pretreated biomasses. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2014

CARVALHO-NETO, et al. The potencial of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.1, p. 1-20, 2014.

COSTA, H. G. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Revista da FAE**, Paraná, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2010.

CUNHA, Murilo Bastos da. Biblioteca digital: bibliografia internacional anotada. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 1-19, maio 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 16 Jan. 2017.

FLORES, R. A. et al. Nitrogean and age on the quality of elephant grass for agroenergy purpose grown in Oxisol (Nitrogênio na qualidade da biomassa de capim elefante para fins energéticos cultivado em Latossolo). **Semina; Ciências Agrárias**, v. 43, p 127-136, 2013.

FLORES, R. A. et al. Effect of nitrogen f. **Semina; Ciências Agrárias**, v. 43, p 127-136, 2013.

FLORES, R. A. et al. Ertilizer and cutting age on the dry matter production of elephant grass in Savana (Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim=elefante no cerrado), **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 16, p 1282-1288, 2012.

FORBES, E. G. A. et al. Physico-chemical characteristics of eight different biomass fuels and comparison of combustion and emission results in a small scale multi-fuel boiler. **Energy Conversion ad Management**, v. 87, p. 1162-1169, 2014.

GARCIA, et al. Performance os steers raised on pastures of Elephant and Mombasa grasses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2 p. 403-410, 2011.

JONKER, J.G.G, et al. Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and insutrail technologies. **Applied Energy**, v 147, p. 593-610, 2015.

MENEGOL, D. et al. Potential of a Penicillium echinilatun enzymatic complex produced in either submergerd or solid-state cultures for enzymatic hydrolysis of elephant grass. **Fuel**, v. 133, p. 232-240, 2014.

MORAIS, R. F. et al. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant Grass (Pennisentum purpureumSchum.), **Plant and Soil**, v. 356, p 23-34, 2012.

OHIRA, M. L. B.; PRADO, N. S. Bibliotecas virtuais e digitais: análise de artigos de periódicos brasileiros (1995/2000). **Ciência da informação**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 61-74, 2002.

OHIMAIN, E. I. Review of the Nigerian biofuel Policy and incentives. **Renewable and sustainable energy Review**, v.22(c), p. 246-256, 2007.

QUÉNO, L. M. R. et al. Custo de produção das biomassas de eucalipto e capim-elefante para energia. **Cerne**, v.17, p. 14-38, 2011.

SAYÃO, L. F. Afinal o que é biblioteca digital. **Revista USP**, n. 80, p. 6-17, 2009.

TOLMASQUIM, M. et al. Matriz Energética Brasileira: uma perspectiva. **Novos estudos. – CEBRAP**. São Paulo, v. 49, p. 43-54, 2007.

WOLDEYOHANNES, A.D et al. Sustainable renewable energy resources utilization in rural areas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, n.1, p. 1-9, 2016.

XIE. et al. Dynamic changes of lignina contentes of MT-1 elephant grass and its closely related cultivars. **Biomass and Energy**, v.35, no 5, p. 1732-1738, 2011.

3.8 ANEXOS

Quadro 2. Registros selecionados (44) e número de citações nas bases Scopus e Web of Science (continua)

No	Título	Autor	Periódico	Base Scopus	Web of Science
1	Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.)	de Morais, R.F., Quesada, D.M., Reis, V.M., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Boddey, R.M.	(2012) Plant and Soil,	28	-
2	Physico-chemical characteristics of eight different biomass fuels and comparison of combustion and emission results in a small scale multi-fuel boiler	Forbes, E.G.A., Easson, D.L., Lyons, G.A., McRoberts, W.C.	(2014) Energy Conversion and Management,	21	19
3	Characterization and comparative study of pyrolysis kinetics of the rice husk and the elephant grass	Braga, R.M., Melo, D.M.A., Aquino, F.M., Freitas, J.C.O., Melo, M.A.F., Barros, J.M.F., Fontes, M.S.B.	(2014a) Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	21	17
4	Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and industrial technologies	Jonker, J.G.G., van der Hilst, F., Junginger, H.M., Cavalett, O., Chagas, M.F., Faaij, A.P.C.	(2015) Applied Energy.	16	18
5	Potential of a <i>Penicillium echinulatum</i> enzymatic complex produced in either submerged or solid-state cultures for enzymatic hydrolysis of elephant grass	Menegol, D., Luisi Scholl, A., Claudete Fontana, R., Pinheiro Dillon, A.J., Camassola, M.	(2014a) Fuel	14	14
6	Increased release of fermentable sugars from elephant grass by enzymatic hydrolysis in the presence of surfactants	Menegol, D., Scholl, A.L., Fontana, R.C., Dillon, A.J.P., Camassola, M.	(2014b) Energy Conversion and Management,	14	13
7	S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R. Ammonia volatilization and nitrous oxide emissions during soil preparation and N fertilization of elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.)	de Morais, R.F., Boddey, R.M., Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R.	(2013) Soil Biology and Biochemistry	14	-

Quadro 2. Registros selecionados (44) e número de citações nas bases Scopus e Web of Science. (Continuação)

No	Título	Autor	Periódico (ano)	Base Scopus	Web of Science
8	Pyrolysis kinetics of elephant grass pretreated biomasses	Braga, R.M., Costa, T.R., Freitas, J.C.O., Barros, J.M.F., Melo, D.M.A., Melo, M.A.F.	(2014) Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Article in Press.	13	14
9	Dynamic changes of lignin contents of MT-1 elephant grass and its closely related cultivars	Xie, X.-M., Zhang, X.-Q., Dong, Z.-X., Guo, H.-R.	(2011) Biomass and Bioenergy	8	10
10	Performance of steers raised on pastures of Elephant and Mombasa grasses [Desempenho de novilhos mantidos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça]	Garcia, C.S., Fernandes, A.M., Fontes, C.A.A., Vieira, R.A.M., Sant'Ana, N.F., Pimentel, V.A.	(2011) Revista Brasileira de Zootecnia	7	4
11	Yield and quality of elephant grass biomass produced in the cerrados region for bioenergy	Flores, R.A., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Collier, L.S., Boddey, R.M.	(2012a) Engenharia Agrícola,	7	4
12	A review of the Nigerian biofuel policy and incentives (2007)	Ohimain, E.I.	(2013) Renewable and Sustainable Energy Reviews	6	5
13	Nitrogen and age on the quality of elephant grass for agroenergy purpose grown in Oxisol [Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergéticos cultivado em Latossolo]	Flores, R.A., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Collier, L.S., Zanetti, J.B., De Mello Prado, R.	(2013) Semina: Ciências Agrárias,	5	3
14	Effect of nitrogen fertilizer and cutting age on the dry matter production of elephant grass in Savana [Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no cerrado]	Flores, R.A., Urquiaga, S.S., Alves, B.J.R., Collier, L.S., de Moraes, R.F., Prado, R.M.	(2012b) Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	4	5
15	Production cost of biomasses from eucalyptus and elephant grass for energy [Custo de produção das biomassas assas de eucalipto e capim-elefante para energia]	Quéno, L.M.R., de Souza, A.N., Ângelo, H., do Vale, A.T., Martins, I.S.	(2011) Cerne	4	4

Quadro 2. Registros selecionados (44) e número de citações nas bases Scopus e Web of Science. (Continuação)

No	Título	Autor	Periódico	Número de Citações	
16	The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry	Carvalho-Netto, O.V., Bressiani, J.A., Soriano, H.L., Fiori, C.S., Santos, J.M., Barbosa, G.V., Xavier, M.A., Landell, M.G., Pereira, G.A.	(2016) Applied Adhesion Science	3	-
17	Nutrient uptake and use efficiency of elephant grass in the presence of crude gypsum [Extração e Eficiência de Uso de Nutrientes em Capim-Elefante na Presença de Gesso]	dos Santos, R.L., de Azevedo, V.M., Freire, F.J., da Rocha, A.T., Tavares, J.A., dos Santos Freire, M.B.G.	(2012) Revista Brasileira de Ciencia do Solo	2	2
18	Correlations and path analysis in elephant grass for energy [Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos]	Menezes, B.R.S., Daher, R.F., Gravina, G.D.A., Do Amaral, A.T., Jr., Oliveira, A.V., Schneider, L.S.A., Silva, V.B.	(2014) Revista Brasileira de Ciencias Agrarias	2	-
19	Use of elephant grass for energy production in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil	Daher, R.F., Souza, L.B., Gravina, G.A., Machado, J.C., Ramos, H.C.C., Silva, V.Q.R., Menezes, B.R.S., Schneider, L.S.A., Oliveira, M.L.F., Gottardo, R.D.	(2014) Genetics and Molecular Research,	2	1
20	Production of elephant grass using leachate landfill [Produção de capim-elefante utilizando percolado de aterro sanitário]	Coelho, D.C.L., Batista, R.O., da Moura Silva, P.C., de Oliveira Mesquita, F.	(2015) Bioscience Journal,	2	1
21	Analysis of Brazilian Biomass Focusing on Thermochemical	Rocha, E.P.A., Gomes, F.J.B., Sermiyagina, E., Cardoso, M., Colodette, J.L.	Conversion for Energy Production (2015) Energy and Fuels	2	3
22	The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry	Carvalho-Netto, O.V., Bressiani, J.A., Soriano, H.L., Fiori, C.S., Santos, J.M., Barbosa, G.V., Xavier, M.A., Landell, M.G., Pereira, G.A.	(2015) Applied Adhesion Science	2	-
23	Estimates of heterosis parameters in elephant grass (<i>Pennisetum purpureum schumach.</i>) for bioenergy production	Menezes, B.R.S., Daher, R.F., Gravina, G.D.A., Pereira, A.V., Sousa, L.B., Rodrigues, E.V., Silva, V.B., Gottardo, R.D., Schneider, L.S.A., Novo, A.A.C.	(2015) Chilean Journal of Agricultural Research	1	1

Quadro 2. Registros selecionados (44) e número de citações nas bases Scopus e Web of Science (Continuação)

No	Título	Autor	Periódico	Base Scopus	Web of Science
24	Biomass of elephant grass and leucaena for bioenergy production (2015) Semina: Ciências Agrárias, 36 (6), pp. 3567-3578. Cited 1 time.	Sales, F.A., Caramori, P.H., Da Silva Ricce, W., Costa, M.A.T., Zaro, G.C.	(2015) Semina: Ciências Agrárias	1	1
25	Per se performance of elephant grass hybrids for energy purposes [Comportamento Per se de híbridos de capim-elefante para fins energéticos]	Da Silva Menezes, B.R., Daher, R.F., De Amaral Gravina, G., Gottardo, R.D., Schneider, L.S.A., Dos Santos Rocha, A.	(2016) Comunicata Scientiae,	1	-
26	The endophytic bacteria isolated from elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) promote plant growth and enhance salt tolerance of Hybrid <i>Pennisetum</i>	Li, X., Geng, X., Xie, R., Fu, L., Jiang, J., Gao, L., Sun, J.	(2016) Biotechnology for Biofuels	1	2
27	Selecting elephant grass families and progenies to produce bioenergy through mixed models (REML/BLUP)	Rodrigues, E.V., Daher, R.F., Dos Santos, A., Vivas, M., Machado, J.C., Gravina, G.A., De Souza, Y.P., Vidal, A.K., dos Rocha, A.S., Freitas, R.S.	(2017) Genetics and Molecular Research,	-	1
28	Effective Extraction of Lignin from Elephant Grass Using Imidazole and Its Effect on Enzymatic Saccharification to Produce Fermentable Sugars	Toscan, A., Morais, A.R.C., Paixão, S.M., Alves, L., Andraus, J., Camassola, M., Dillon, A.J.P., Lukasiak, R.M.	(2017) Industrial and Engineering Chemistry Research	-	1
29	Elephant grass response to amino-acid synthesis inhibitor herbicides	Brighenti, A.M., Ledo, F.J., Machado, J.C., Calsavara, L.H., Varotto, Y.V.G.	(2017) Australian Journal of Crop Science	-	1
30	Combining ability in elephant grass (<i>pennisetum purpureum</i> Schum.) for energy biomass production	da Silva Menezes, B.R., Daher, R.F., de Amaral Gravina, G., Pereira, A.V., Pereira, M.G., Tardin, F.D., Silva, V.B., Rodrigues, E.V., do Socorro Bezerra Araújo, M., Fonseca Oliveira, M.L., de Oliveira Almeida, B	energy biomass production (2016) Australian Journal of Crop Science,	-	1

Quadro 2. Registros selecionados (44) e número de citações nas bases Scopus e Web of Science. (Continuação)

No	Título	Autor	Periódico	Base Scopus	Web of Science
31	Quality biomass in elephant grass hybrids for energy purposes [Qualidade da biomassa em híbridos de capim-elefante para fins energéticos	De Sousa, L.B., Daher, R.F., Da Silva Menezes, B.R., Rodrigues, E.V., Tardin, F.D., De Amaral Gravina, G., Vander Pereira, A.	Revista Brasileira de Ciências Agrárias	-	1
32	Elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum	os Santos, R.L., Freire, F.J., da Rocha, A.T., da Silva, J.A.A., Tavares, J.A., Ferreira, E.G.B.S., de Oliveira, E.C.A.	Australian Journal of Crop Science	-	1
33	Power generation performance of microbial fuel cells with elephant grass straw hydrolyzate	Pan, R., Zhang, S., Yu, Y., Teng, J., Xia, S.	ICMREE 2013 - Proceedings: 2013 International	-	1
34	Four Biofuel Species' Responses to Periodic Flooding and High Water Tables on a Florida Histosol	Jennewein, SP (Jennewein, Stephen P.); Gilbert, RA (Gilbert, Robert A.); Rowland, DL (Rowland, Diane L.); Wright, AL (Wright, Alan L.); Glaz, B (Glaz, Barry); Bennett, JM (Bennett, Jerry M.)	Bioenergy Research	1	-
35	The endophytic bacteria isolated from elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) promote plant growth and enhance salt tolerance of Hybrid <i>Pennisetum</i>	Li, X (Li, Xia); Geng, XY (Geng, Xiaoyan); Xie, RR (Xie, Rongrong); Fu, L (Fu, Lei); Jiang, JX (Jiang, Jianxiong); Gao, L (Gao, Lu); Sun, JZ (Sun, Jianzhong)	Biotechnology for Biofuels	1	2
36	Production of elephant grass using leachate landfill	Coelho, DCL (Leite Coelho, Daniela Costa); Batista, RO (Batista, Rafael Oliveira); da Silva, PCM (Moura da Silva, Paulo Cesar); Mesquita, FD (Mesquita, Francisco de Oliveira)	Bioscience Journal	1	1

Quadro 2. Foram selecionados 44 entre as bases Scopus e Web of Science. (Continuação)

No	Título	Autor	Periódico	Base Scopus	Web of Science
37	Increased release of fermentable sugars from elephant grass by enzymatic hydrolysis in the presence of surfactants	Menegol, D (Menegol, Daiane); Scholl, AL (Scholl, Angelica Luisi); Fontana, RC (Fontana, Roselei Claudete); Dillon, AJP (Pinheiro Dillon, Aldo Jose); Camassola, M (Camassola, Marli)	Energy Conversion and Management	-	13
38	Characterization and comparative study of pyrolysis kinetics of the rice husk and the elephant grass	Braga, Renata M.; Melo, Dulce M. A.; Aquino, Flavia M.; et al	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	-	17
39	Nitrogen and age on the quality of elephant grass for agroenergy purpose grown in Oxisol	Flores, Rilner Alves; Urquiaga, Segundo; Rodrigues Alves, Bruno Jose; et al.	Semina-Ciencias Agrarias	-	3
40	Effect of nitrogen fertilizer and cutting age on the dry matter production of elephant grass in Savana	Flores, Rilner A.; Urquiaga, Segundo S.; Alves, Bruno J. R.; et al.	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	-	5
41	Nutrient uptake and use efficiency of elephant grass in the presence of crude gypsum	dos Santos, Renato Lemos; de Azevedo, Vinicius Mendes; Freire, Fernando Jose; et al.	Revista Brasileira de Ciencia do Solo	-	2
42	Production cost of biomasses from eucalyptus and elefant grass for energy	Roger Queno, Laurent Marie; de Souza, Alvaro Nogueira; Angelo, Humberto; et al.	Cerne	-	5
43	Dynamic changes of lignin contents of MT-1 elephant grass and its closely related cultivars	Xie, Xin-Ming; Zhang, Xiang-Qian; Dong, Zhao-Xia; et al	Biomass & Energy	-	10
44	Performance of steers raised on pastures of Elephant and Mombasa grasses	Garcia, Carolina de Souza; Fernandes, Alberto Magno; de Alencar Fontes, Carlos Augusto; et al.	Revista Brasileira de Zootecnia – Brazilian Journal of Animal Science	-	4

Quadro 2. Artigos selecionados por relevância ao tema ” produção de biomassa para fins energéticos que envolve capim-elefante” (Continuação).

No	Título	Autor	Periódico	Base
1	Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and industrial technologies	JONKER, J.G.G., VAN DER HILST, F., JUNGINGER, H.M., CAVALETT, O., CHAGAS, M.F., FAAIJ, A.P.C.	Applied Energy. (2015)	B1 e B2
2	Quality biomass in elephant grass hybrids for energy purposes [Qualidade da biomassa em híbridos de capim-elefante para fins energéticos	SOUSA, L.B., DAHER, R.F., DA SILVA MENEZES, B.R., RODRIGUES, E.V., TARDIN, F.D., DE AMARAL GRAVINA, G., VANDER PEREIRA, A.	Revista Brasileira de Ciências Agrárias (2016)	B1 e B2
3	Custo de produção das biomassas assas de eucalipto e capim-elefante para energia	QUÉNO, L.M.R., DE SOUZA, A.N., ÂNGELO, H., VALE, A.T., MARTINS, I.S.	Cerne (2011)	B1 e B2
4	Use of elephant grass for energy production in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil	DAHER, R.F., SOUZA, L.B., GRAVINA, G., MACHADO, J.C., RAMOS, H.C., MENEZES, B., SCHNEIDER, L., OLIVEIRA, M.F., GOTTARDO, R.D.	Genetics and Molecular Research, (2014)	B1 e B2
5	Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos	MENEZES, B.R.S., DAHER, R.F., GRAVINA, G.D.A., AMARAL, A.T., JR., OLIVEIRA, A.V., SCHNEIDER, L.S.A., SILVA, V.B.	Revista Bras.de Ciências Agrárias (2014)	B1
6	Analysis of Brazilian Biomass Focusing on Thermochemical	ROCHA, E.P.A., GOMES, F.J.B., SERMYAGINA, E., CARDOSO, M., COLODETTE, J.L.	Energy Biom. Produc. Energy and Fuels (2015)	B1 e B2
7	Combining ability in elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) for energy biomass production	MENEZES, B.R.S, DAHER, R.F., GRAVINA, G.A., PEREIRA, A.V., PEREIRA, M.G., TARDIN, F.D., SILVA, V.B., RODRIGUES, E.V., ARAÚJO, M.S.B., OLIVEIRA, M.LF., ALMEIDA, B.O.	Austral. J. Crop Science, (2015)	B1
8	Elephant grass Biomass production as promising alternative energy in Brazil's semiarid	OS SANTOS, R.L., FREIRE, F.J., DA ROCHA, A.T., DA SILVA, J.A.A., TAVARES, J.A., FERREIRA, E., DE OLIVEIRA, E.C.A.	Conversion for Energy Production, 2016	B1
9	Selecting elephant grass families and progenies to produce bioenergy through mixed models (REML/BLUP)	RODRIGUES, E.V., DAHER, R.F., SANTOS, A., VIVAS, M., MACHADO, J.C., GRAVINA, G., SOUZA, Y.P., VIDAL, A.K., ROCHA, A.S., FREITAS, R.S.	Genetics and Molecular Research, (2017)	B1
10	Production cost of biomasses from eucalyptus and elefant grass for energy	QUENO r., LAURENT M; SOUZA, A N; ANGELO, H	Cerne (2011)	B2
11	Elephant grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum	SANTOS, R.L., FREIRE, F.J., DA ROCHA, A.T., DA SILVA, J.A.A., TAVARES, J.A., FERREIRA, E.G.B.S., DE OLIVEIRA, E.C.A.	Austral. Journal of Crop Science (2015)	B1

Quadro 2 – Artigos selecionados por relevância ao tema e correlacionados à região de Campos dos Goytacazes (Conclusão).

No	Título	Autor	Periódico
1	Variation of Morpho-Agronomic and Biomass Quality Traits in Elephant Grass for Energy Purposes According to Nitrogen Levels	OLIVEIRA, É.S ; DAHER, R.F. PONCIANO, N.J.; GRAVINA, G.A. ; SANT'ANA, J.A.A.; GOTTARDO, R.D.; MENEZES, B.S., SOUZA, R.; SOUZA, P.M.; SOUZA, C.L.M., BRITO, V.; ROCHA, A.; CECO, A.A.	American Journal of Plant Sciences, 2015
2	Canonical correlations in elephant grass for energy purposes	ROSSI, D.A. ; MENEZES, B.R.S. ; DAHER, R.F. ; GRAVINA, G.A.; LEDO, F.J.S.; GOTTARDO, R.D. ; CAMPOSTRINI, E. ; SOUZA, C.L.M	African Journal of Biotechnology, 2013
3	Demandas atuais e futuras da biomassa e energias renováveis no Brasil e no mundo	DE SOUZA, C.L.M ; PEDROSO, L.L.A. ; SHIMOYA, A. ; ERTHALJR, MILTON ; MORAIS MELO, A	Encontro Fluminense de Engenharia de Produção, 2016, Niteroi. Anais Enfepro 2016
4	Uso sustentável do solo para produção de capim-elefante, <i>Pennisetum purpueum</i> , no município de Campos dos Goytacazes	LOPES, M. V. F. ; ERTHAL JUNIOR, M. ; REGO FILHO, L. ; COELHO, A. A. ; SOUZA, C.L.M	XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador. Anais ENPROD 2016
5	Agroenergia (in) sustentável no setor sucroalcooleiro: Impactos e conflitos socioambientais no Brasil e a safra de 2015/2016	SOUZA, C.L.M ; SHIMODA, A. ; CHAGAS, R.L.P. ; PEDROSO, L.L.A. ; CASSIANO RANGEL, I. ; SILVA, F.F. ; MARCILIO, G.P. ; SARDINHA, J.P	III Seminário Nacional de Planejamento e Desenvolvimento. Anais III SNPD 2016
6	'A agroenergia brasileira e previsões da demanda de bioenergia termelétrica do bagaço de cana por rede neural artificial associada por modelos tipo arima'. In	SOUZA, C..L.M.; SILVA, F.F. ; MATIAS, I. O. ; RANGEL, J.J.A. ; ERTHALJR, M. ; SILVA, F. F.	6 ELAEE - 6th Latin American Energy Economics Meeting, 2017, Rio de Janeiro. Conference Guide 6° ELAEE, 2017. v

4 MAPA DO POTENCIAL DE CULTIVO DO CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS POR MULTICRITÉRIOS-QGIS

(Artigo 3)

4.1 RESUMO

O artigo propõe a análise de áreas apropriadas ao cultivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos em Campos dos Goytacazes, RJ. As áreas do território foram classificadas em categorias, entre impróprias e excelentes, por meio de Auxílio Multicritério à Decisão. Essa gramínea é uma alternativa à lenha de eucalipto, tradicionalmente usada pelas indústrias ceramistas do Polo da Baixada Campista. Os critérios climáticos e pedológicos foram utilizados na modelagem do problema, e os pesos dos critérios foram definidos, de acordo com a opinião de especialistas, visando o uso sustentável do solo. O mapa da aptidão de cultivo demonstrou que uma porção expressiva do território apresenta condição “ótima” ou “excelente” para o cultivo do capim-elefante, inclusive as áreas de mineração de argila. Portanto, a produção de biomassa de capim-elefante é uma alternativa potencial quanto aos aspectos de clima e de solo da região, além de contribuir para geração de energia renovável e recuperação de áreas degradadas pela mineração.

Palavras-chave: Cultivos energéticos. *Pennisetum purpureum*. Método AHP.

4.2 ABSTRACT

In this article, we analyzed appropriate areas for cultivation of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) for energy purpose in *Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil*. The areas were classified into categories from improper to excellent using multi-criteria decision methods. This grass is an alternative to the eucalyptus wood traditionally employed by ceramic industries from the Pole of *Baixada Campista*, in the Northeastern of *Rio de Janeiro*. The climatic and pedological criteria were applied in the modeling of the problem, and the criteria weights were defined aiming at the sustainable use of the soil, according to the opinion of experts. The map of viability for cultivation showed that a significant part of the territory presents optimum or excellent conditions to the elephant grass crop, including areas of clay mining. Therefore, biomass production of elephant grass is a potential energy crop to the region regarding climate and soil aspects, besides contributing to generate renewable energy and recover degraded areas by mining.

Keywords: Energy crops. *Pennisetum purpureum*. AHP method.

4.3 INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade é um desafio particular para todo o setor ceramista brasileiro, inclusive no Polo Ceramista da Baixada Campista, importante setor econômico do município de Campos dos Goytacazes (RJ), que possui 120 indústrias e produz 4 milhões de peças/dia, majoritariamente em fornos de queima tipo Hoffman, abastecidos com lenha de eucalipto em alternativa ao gás combustível e ao diesel, economicamente inviáveis na região (RAMOS *et al.*, 2006).

O eucalipto requer grandes investimentos para implantação e o retorno é de longo prazo, pois a primeira colheita e os ciclos de corte atingem até seis anos. Por essas e outras questões, o capim-elefante que em geral é usado para a alimentação de ruminantes, vem sendo cultivado para a produção de energia (FONTOURA *et al.*, 2015) e usado em programas de melhoramento para esse fim (MENEZES *et al.*, 2014, MENEZES *et al.*, 2016). Além disso, ele pode ser cultivado nas áreas de mineração da argila, melhorando a sustentabilidade e empregabilidade do setor (PATERLINI *et al.*, 2013, VALICHESKI *et al.*, 2017).

De origem africana, o capim-elefante se adapta ao clima tropical, onde tem bom desempenho, principalmente quando irrigado (MORAIS *et al.*, 2009). Em condições ideais, sua produção pode alcançar 40 t.ha^{-1} ao ano de biomassa seca (QUÉNO *et al.*, 2011). É uma planta de metabolismo C_4 que sequestra maior quantidade de CO_2 da atmosfera e protege o solo contra erosão devido à suas fortes raízes e touceiras (JACQUES *et al.*, 1997). Aspectos edafoclimáticos influenciam sua produção, ainda que, alguns possam ser manejados com irrigação, drenagem, adubação e calagem (FLORES *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2013).

Esse estudo visa analisar áreas aptas para o cultivo do capim-elefante em função do clima e solo de Campos dos Goytacazes (RJ). O método usado foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto por SAATY (1980). A classificação das áreas foi apresentada na forma de mapas de clima e solo, que ponderados geraram o mapa da aptidão de cultivo considerando os principais critérios regionais do clima e da tipologia dos solos.

4.4 METODOLOGIA DO ESTUDO

Localização. O município de Campos dos Goytacazes está situado no Norte Fluminense ($21^{\circ}45'14''\text{S}$ e $41^{\circ}19'26''\text{O}$) e possui território de 4.026 Km^2 com clima tipo Aw de acordo com classificação de KÖPPEN (1948), atingindo temperatura média anual de $23,6^{\circ}\text{C}$ e precipitação média anual de 1.073 mm .

Procedimento Multicriterial. Adotou-se o programa computacional YPÊ para aplicação dos procedimentos fundamentais e matemáticos do método AHP proposto por SAATY (1980) e copilado por SAATY e VARGAS (2012), tal como resume a Tabela 4.

Alternativas ao problema. A problemática é a viabilidade de cultivo do capim-efefante no local em estudo, portanto como alternativas foram selecionados 24 tipos de solos agricultáveis dentre os 42 tipos regionais, de acordo com o Código do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), apresentados na Figura 10 e legendado na Tabela 5.

Tabela 4 – Sequência do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Ordem	Procedimento matemático	Descrição da Equação
1º Passo	$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{n4} \end{bmatrix}$	Matrizes de decisão. Expressa o quanto uma alternativa domina ou é dominada pelas demais
2º Passo	$W_i = \left(\prod_{j=1}^n W_{ij} \right)^{1/n}$	Cálculo do Autovetor (W_i). Consiste em ordenar por pesos as prioridades das características estudadas
3º Passo	$T = \left \frac{W_1}{\sum W_i}; \frac{W_2}{\sum W_i}; \frac{W_3}{\sum W_i} \right $	Cálculo de Normalização (T) dos auto vetores. Possibilita a comparação percentual entre os critérios e alternativas
4º Passo	$\lambda_{máx} = T \times W$	$\lambda_{máx}$, índice que relaciona os critérios da Matriz de Consistência e seus pesos
5º Passo	$IC = \frac{\lambda_{máx} - n}{(n - 1)}$	Índice de Consistência (IC). Permite avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamentos pareados
6º Passo	—	Razão de Consistência (RC). Permite avaliar a inconsistência da matriz. Se o valor for maior que 0,1 revisar o modelo e/ou os julgamentos

Nota: copiado de Saaty (1980); Saaty e Vargas (2012).

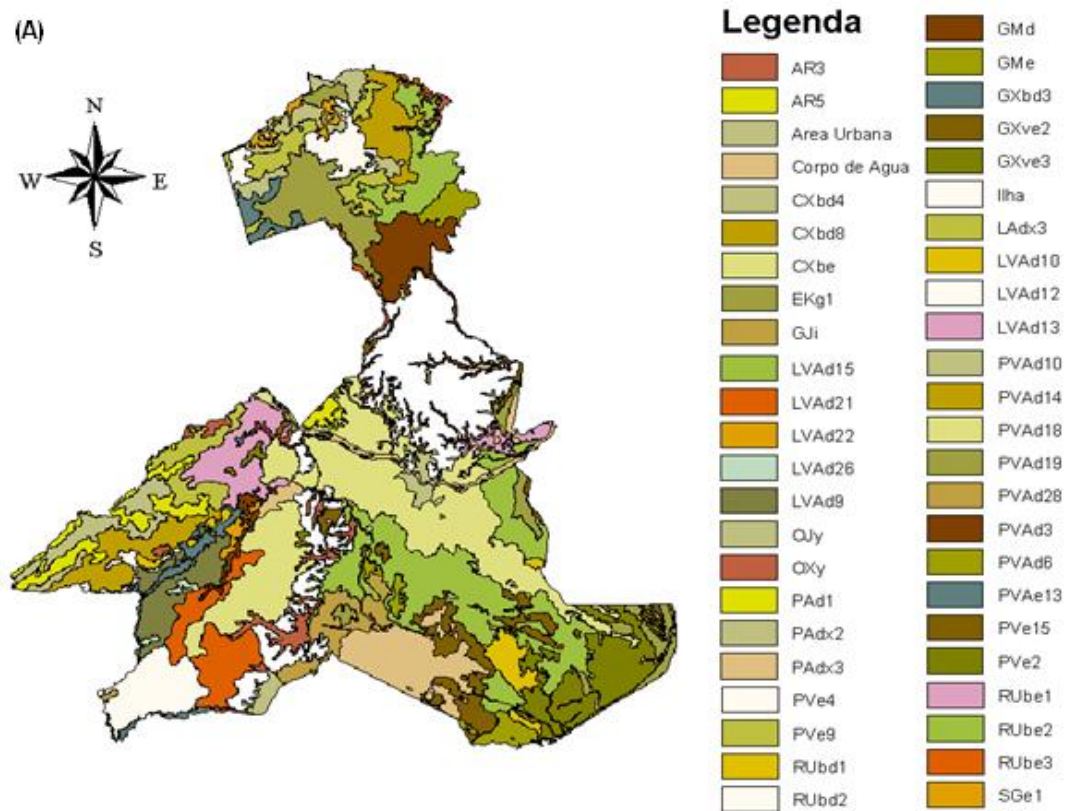


Figura 10. Mapa da tipologia de solos de Campos dos Goytacazes, SBCS (2013).

Tabela 5. Legenda para a tipologia dos solos.

TIPOLOGIA DOS SOLOS				
SBCS ¹	ORDEM	SUBORDEM	GRANDE GRUPO	SUBGRUPO
CXbd4	CAMBISSOLOS	HÁPLICOS	Distróficos	Típicos
CXbd8	CAMBISSOLOS	HÁPLICOS	Distróficos	Típicos
CXbe	CAMBISSOLOS	HÁPLICOS	Tb Eutróficos	Típicos
EK _g 1	ESPODOSSOLOS	CÁRBICOS	Hidromórficos	Arênicos
GJi	GLEISSOLOS	TIOMÓRFICOS	Húmicos	Solódicos
GMd	GLEISSOLOS	MELÂNICOS	Distróficos	Típicos
GMe	GLEISSOLOS	MELÂNICOS	Eutróficos	Solódicos
GXbd3	GLEISSOLOS	HÁPLICOS	Tb Distróficos	Típicos
GXve2	GLEISSOLOS	HÁPLICOS	Ta Eutróficos	Salinos Solódicos
GXve3	GLEISSOLOS	HÁPLICOS	Ta Eutróficos	Salinos Solódicos
LAdx3	LATOSSOLOS	AMARELOS	Distrocoesos	Típicos
LVAd10	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd12	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd13	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd15	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd21	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd22	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd26	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
LVAd9	LATOSSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
OJy	ORGANOSSOLOS	TIOMÓRFICOS	Hêmicos	Salinos
OXy	ORGANOSSOLOS	HÁPLICOS	Hêmicos	Salinos
PAd1	ARGISSOLOS	AMARELOS	Distróficos	Típicos
PAdx2	ARGISSOLOS	AMARELOS	Distrocoesos	Típicos
PAdx3	ARGISSOLOS	AMARELOS	Distrocoesos	Típicos
PVAd10	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
PVAd14	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Latossólicos
PVAd18	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
PVAd19	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Latossólicos
PVAd28	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
PVAd3	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
PVAd6	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Distróficos	Típicos
PVAe13	ARGISSOLOS	VERMELHOS-AMARELOS	Eutróficos	Típicos
PVe15	ARGISSOLOS	VERMELHOS	Eutróficos	Típicos
PVe2	ARGISSOLOS	VERMELHOS	Eutróficos	Típicos
PVe4	ARGISSOLOS	VERMELHOS	Eutróficos	Típicos
PVe9	ARGISSOLOS	VERMELHOS	Eutróficos	Típicos
RYbd1	NEOSSOLOS	FLÚVICOS	Tb Distróficos	Típicos
RYbd2	NEOSSOLOS	FLÚVICOS	Tb Distróficos	Gleicos
RYbe1	NEOSSOLOS	FLÚVICOS	Tb Eutróficos	Solódicos
RYbe2	NEOSSOLOS	FLÚVICOS	Tb Eutróficos	Gleicos
RYbe3	NEOSSOLOS	FLÚVICOS	Tb Eutróficos	Gleicos
SGe1	PLANOSSOLOS	HIDROMÓRFICOS	Eutróficos	Solódicos

Nota: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013). Legenda da Figura 1A.

Estrutura hierárquica do problema: O resultado da ordenação hierárquica está esquematizado na Figura 11. No topo do esquema está o objetivo da modelagem: mapa da aptidão do cultivo de capim-elefante a partir de dados edafoclimáticos. Aos tipos de solos foram atribuídos 5 subcritérios (drenabilidade, fertilidade, irrigabilidade, erodibilidade e mecanicidade) e 24 critérios de terceiro nível (C3N), todos eles relevantes para áreas agricultáveis. Os pesos atribuídos aos critérios estão apresentados na Tabela 6. Cada nível hierárquico foi julgado por dois especialistas, que atribuíram pesos de 1 (menor) a 4 (maior) de acordo com sua importância para o cultivo do capim-elefante. Cabe salientar que, é comum na descrição metodológica do AHP, a apresentação de resultados, como no caso das Tabelas 6.3 e 6.4.

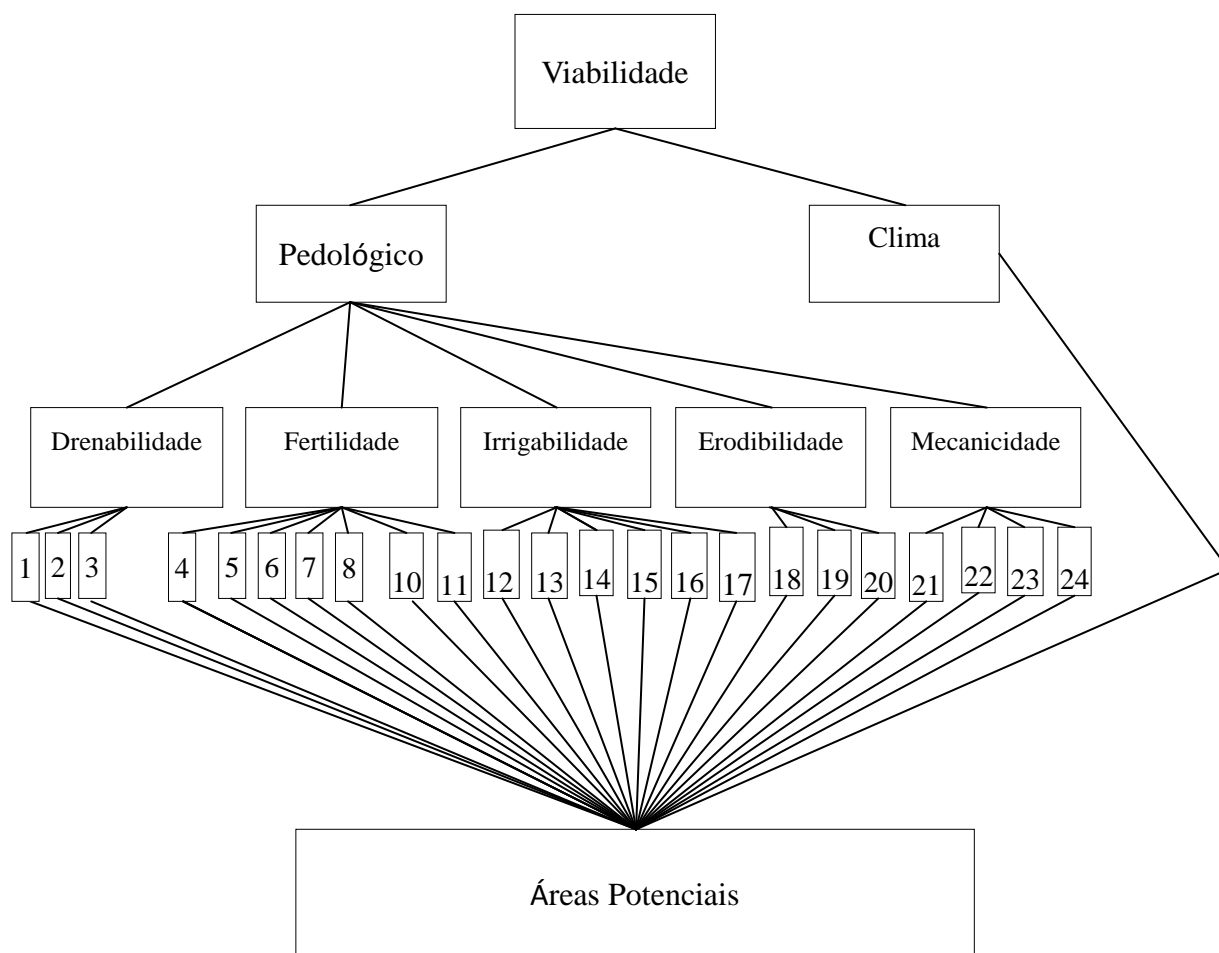


Figura 11. Estrutura hierárquica da modelagem do problema pelo método AHP.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 6 Peso dos critérios, subcritérios e critérios de terceiro nível.

Crítérios	Pesos	Subcritérios	Pesos	Crítérios de terceiro nível (C3N)	Pesos	
1-Pedológico	2	1-Drenabilidade	4	1-Profundidade do lençol freático	3	
				2-Presença de camada de impedimento da infiltração	2	
				3-Indicador da estrutura do solo inferido pelo tipo e classe	1	
		2-Fertilidade	3		4-Condutividade elétrica do extrato de saturação	3
					5-Capacidade de troca catiônica	4
					6-Saturação com alumínio trocável	3
					7-Fósforo assimilável	3
					8-Potássio trocável	3
					9-Relação Ca / Mg trocáveis	3
					10-Saturação de bases	2
					11-Disponibilidade e risco de toxidez de micronutrientes	1
		3-Irrigabilidade	4		12-Qualidade da água (toxidez e turbidez)	4
					13-Altura de elevação em relação à fonte de captação	3
					14-Distância da fonte de captação de água	3
					15-Retenção de umidade	2
					16-Velocidade de infiltração	2
					17-Grau de escoamento superficial de água	1
		4-Erodibilidade	1		18-Risco ao escoamento superficial de água	3
					19-Grau de resistência à deformação dos agregados superficiais	2
					20-Indicador inferido pelo tipo e classe da estrutura dominante	1
		5-Mecanicidade	3		21-Grau de impedimento ao tráfego de máquinas	1
					22-Grau de impedimento ao tráfego de implementos	3
					23-Grau de impedimento à operação de implementos	4
					24-Grau de impedimento ao rendimento de máquinas	2
2-Clima	1	1-Temperatura	4	Sem indicador	-	
		2-Precipitação	1	Sem indicador	-	

Nota: ponderação de pesos segundo especialistas da Embrapa.

Cartogramas: Utilizou-se na análise de adequação do uso do solo o “Plugim Easy AHP” do software Quantum GIS (QGIS), tipo livre/open de multiplataformas para sistema de georreferenciamento (GIS), segundo as metodologias de DALMAS et al. (2011) e SHAHABI et al. (2014). Os pesos de cada subcritério (Tabela 7) foram calculados usando AHP e o mapa de viabilidade foi gerado pela análise WLC (Combinação linear ponderada). Os C3N geraram os mapas de subcritérios referentes às Figuras 6.3ABC e 6.4AB. Cada cor corresponde a um peso de importância na estrutura hierárquica do problema. Assim, os tipos de solos que receberam o mesmo peso no mesmo C#N, também receberam a mesma cor por meio de pixel-

equivalente, tal que, foram atribuídos ao peso 4 (255 pixels de valor), ao peso 3 (195), ao peso 2 (135) e ao peso 1 (75). A combinação das camadas permitiu seis categorizações: 1-áreas extremamente ruins ao cultivo, 2-áreas ruins, 3-Áreas regulares, 4-Áreas boas, 5-Áreas ótimas e 6-Áreas excelentes. A recombinação de cada subcritério gerou a Figura 13C (Mapa Pedoecológico).

Quanto ao critério clima foram atribuídos pesos de 1 a 4, respectivamente aos subcritérios pluviometria (Figura 14A) e temperatura (Figura 14B), pois o regime irregular de chuvas pode ser amenizado com irrigação e pouco pode ser feito quanto à temperatura. A Figura 14C, refere-se a combinação de camadas em cinco categorizações: 1-áreas onde não agricultáveis (áreas urbanas, rochosas e bacias hidrográficas), 2-áreas ruins, 3-Áreas regulares, 4-Áreas boas, 5-Áreas ótimas.

Finalmente a união dos mapas - climático e pedológico - respeitando seus respectivos pesos, foi possível chegar ao mapa de viabilidade (Figura 15) com 6 categorias de áreas: 1-inaptas ao cultivo, 2-áreas ruins, 3-Áreas regulares, 4-Áreas boas, 5-Áreas ótimas e 6-Áreas excelentes.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No critério pedológico foram hierarquizados cinco subcritérios e seus respectivos 24 C3N, referentes à capacidade de drenagem dos solos e sua suscetibilidade ao alagamento; a possibilidade de irrigação no local; os riscos naturais de erosão do solo, a facilidade do cultivo mecanizado no local e a fertilidade natural. Esses julgamentos estão nas Tabelas 6.3 e 6.4.

Tabela 7 - Pesos dos critérios de terceiro nível por subcritério pedológico

TIPOS DE SOLOS ¹	SUBCRITÉRIOS (SC) E CRITÉRIOS DE TERCEIRO NÍVEL (C3N)																							
	SC1			SC2								SC3						SC4			SC5			
	1 ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CXbd4	1 ³	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
CXbd8	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
CXbe	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	3	2	4	4	4	2	4	4	2	3	2	3	2	
LAdx3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	3	3	4	3	3	3	4	4	2	2	4	3	4	
LVAd10	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	3	4	1	1	3	2	1	1	3	4	1	3	4	
LVAd12	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	3	4	1	1	3	2	1	1	3	4	1	3	4	
LVAd13	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	3	4	2	2	3	2	2	2	3	4	2	3	4	
LVAd15	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	3	4	2	2	3	2	2	2	3	4	2	3	4	
LVAd21	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	4	1	1	3	1	1	2	2	3	3	4	3	
LVAd22	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	3	4	1	1	3	1	1	1	3	4	1	3	4	
PAd1	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1	3	3	2	3	4	4	2	2	3	3	2	4	3	
PAdx2	3	3	2	3	2	2	1	1	1	1	3	2	4	4	3	4	4	4	2	2	4	4	3	
PAdx3	3	3	2	3	2	2	1	1	1	1	3	2	3	3	3	4	3	3	2	2	3	4	3	
PVAd10	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	4	2	2	2	3	2	4	3	
PVAd14	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	3	4	1	2	3	3	1	1	2	3	1	4	4	
PVAd18	4	4	3	3	3	2	1	1	1	1	3	3	2	3	2	4	2	2	2	3	2	2	3	
PVAd19	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	1	1	3	3	1	1	2	4	1	4	4	
PVAd28	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
PVAd3	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	2	3	3	4	3	
PVAd6	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	3	3	2	2	3	4	2	2	2	3	2	4	3	
PVAe13	4	4	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	1	3	4	1	1	2	3	1	4	3	
RYbd1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	4	4	2	3	4	4	2	2	2	2	4	
RYbe3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	4	4	2	2	4	4	2	2	2	2	4	
SGe1	1	2	1	1	1	3	2	1	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	1	2	

Legendas subcritérios: SC1-Drenabilidade, SC2-Fertilidade, SC3-Irrigabilidade, SC4-Erodibilidade e SC5-Mecanicidade. **Nota¹:** legenda dos solos na Tabela 2; **Nota²:** relação dos 24 C3N na Tabela 3; **Nota³:** ponderação de pesos segundo especialistas da Embrapa-Solos e Pesagro-RJ

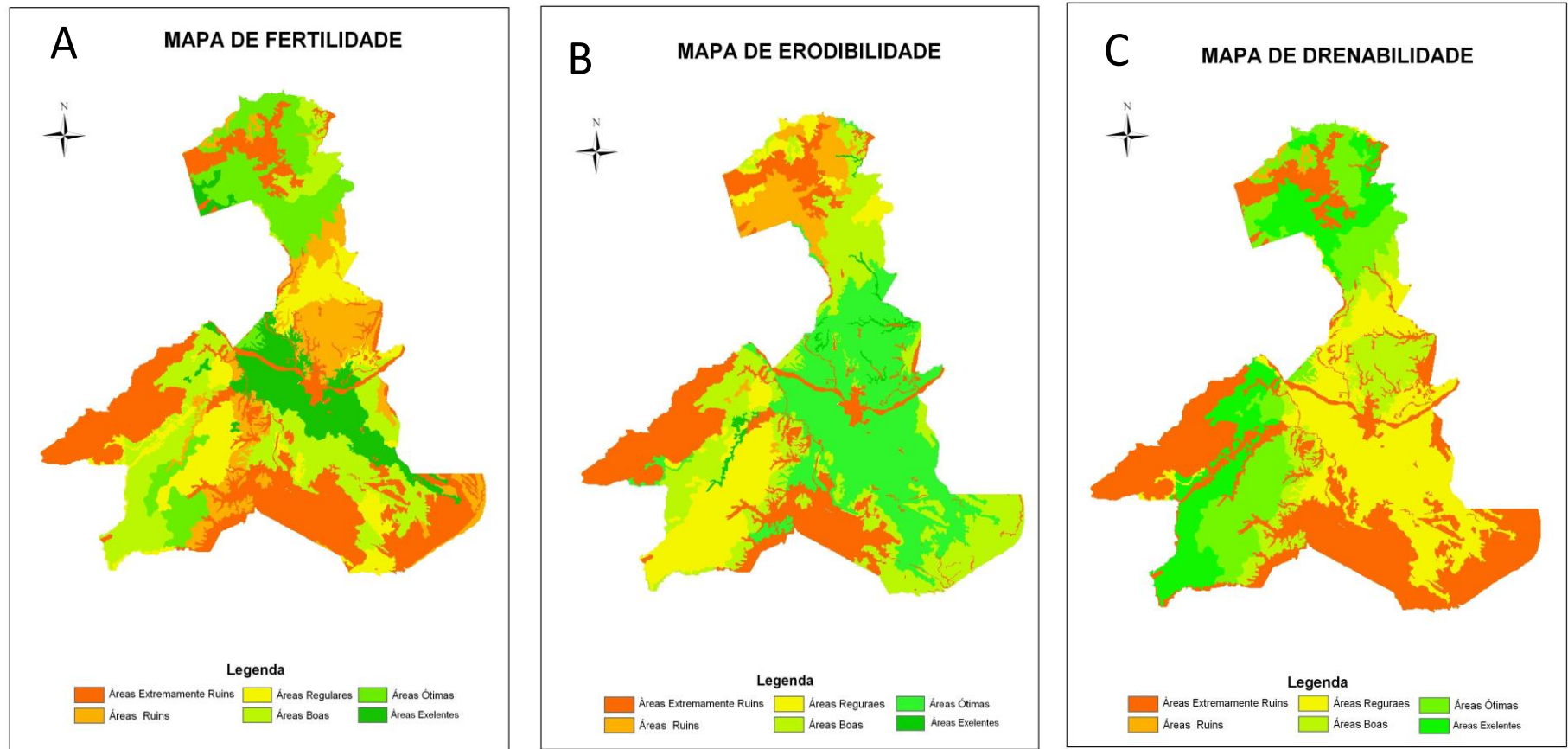


Figura 12. Mapas de (A) fertilidade, (B) erodibilidade e (C) drenabilidade dos tipos de solos de Campos dos Goytacazes.

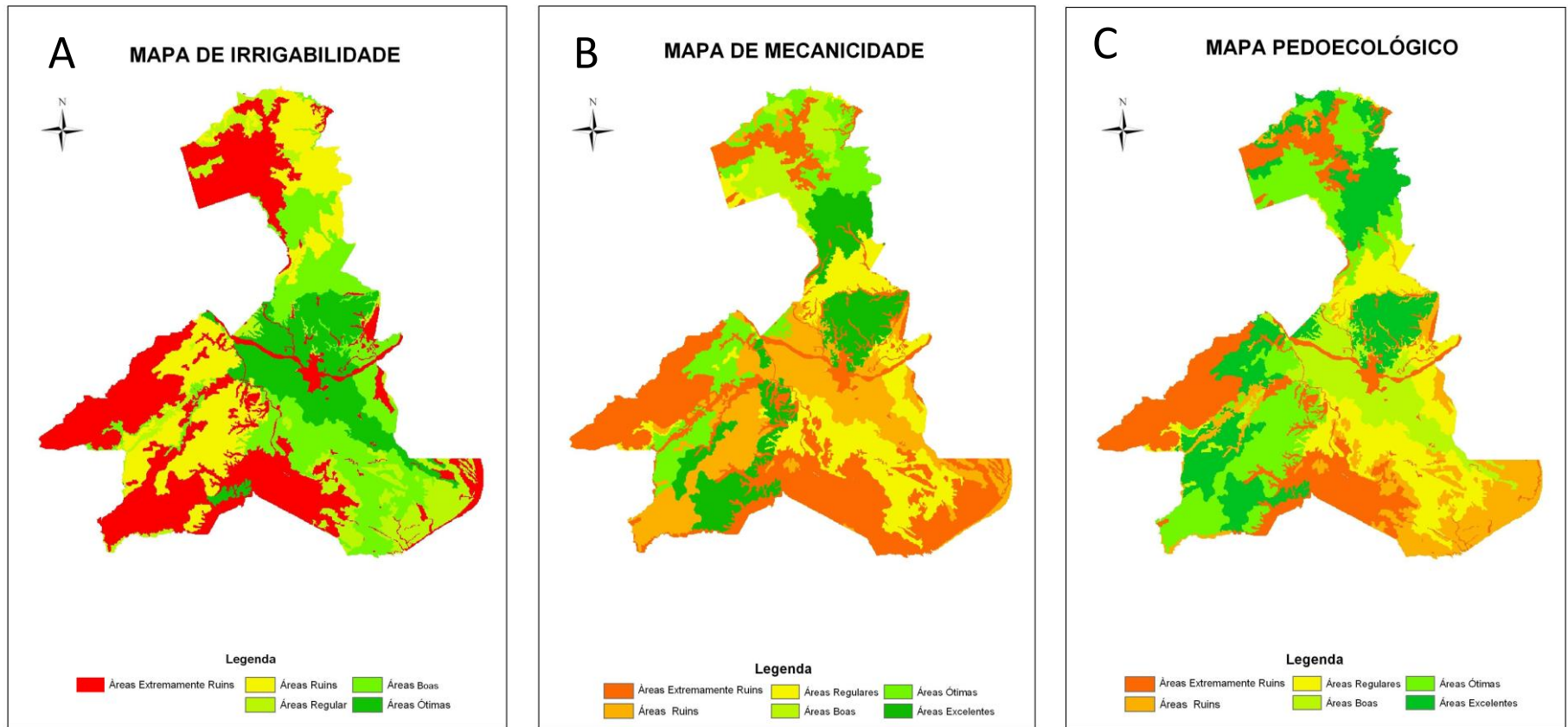


Figura 13. Mapas de (A) irrigabilidade, (B) mecancidade e (C) de conclusão pedológica de Campos dos Goytacazes.

Quanto ao mapa pedoecológico, apresentado na Figura 13C, observa-se que a maioria do território possui solos considerados de bons a excelentes para o plantio do capim-elefante. Essa gramínea desenvolve-se melhor em solos com grande capacidade de retenção de umidade, porém não tolera locais de inundação (JACQUES *et al.*, 1997). O solo influencia o desenvolvimento vegetal com suas propriedades físico-químicas e orgânicas. Assim, a textura, a estrutura e a profundidade, desempenham papel limitante para algumas espécies. O capim-elefante adapta-se melhor em solos férteis, profundos e friáveis, aptos à mecanização.

Os solos sem aptidão, foram aqueles que não atenderam positivamente à pelo menos um dos cinco subcritérios pedológicos: drenabilidade, fertilidade, irrigabilidade, erodibilidade e mecanicidade. Além disso, foram excluídos os corpos de águas, áreas urbanas, ilhas, bacias hidrográficas e afloramentos rochosos (AR3 e AR5). Assim sendo, os critérios usados na modelagem AHP-QGIS geraram as Figuras 6.3 e 6.4, a conclusão para os pesos dos cinco subcritérios estão na Figura 13C. Além disso, segundo dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2017), os territórios foram associados aos seus dados climáticos (Figura 6.7) quanto à temperatura (Figura 12A) e precipitação (Figura 12B), que associados por interpolação de pesos geraram a o Mapa de Clima (Figura 6.7C).

O mapa de temperatura apresentado na Figura 14A, mostra que há pouca variação no município, com média anual predominante entre 21 a 24 °C, excluindo a região da Escarpa (18 a 21°C). Quanto à precipitação média anual, observou se a predominância de áreas com regime médio anual entre 812 a 1.112 mm (Figura 14B) e foram consideradas de regulares a excelentes. O mapa climatológico gerado a partir desses resultados está apresentado na Figura 14C, onde a maioria do território foi classificado como regular a excelente para o plantio. Foram excluídas as áreas urbanas, rochosas e bacias hidrográficas.

O município tem média de precipitação de 1.073 mm anuais, segundo RIBEIRO *et al.* (2008). Por isso, os subcritérios de drenabilidade e irrigabilidade dos solos foram julgados como os mais importantes (peso 4). Cabe ressaltar que, Campos dos Goytacazes é predominantemente quente e plano, exceto na Escarpa de Macaé, Macabu e Imbé que atinge 1.761 m, sendo essa é a única região temperada de altitude (SGB, 2017).

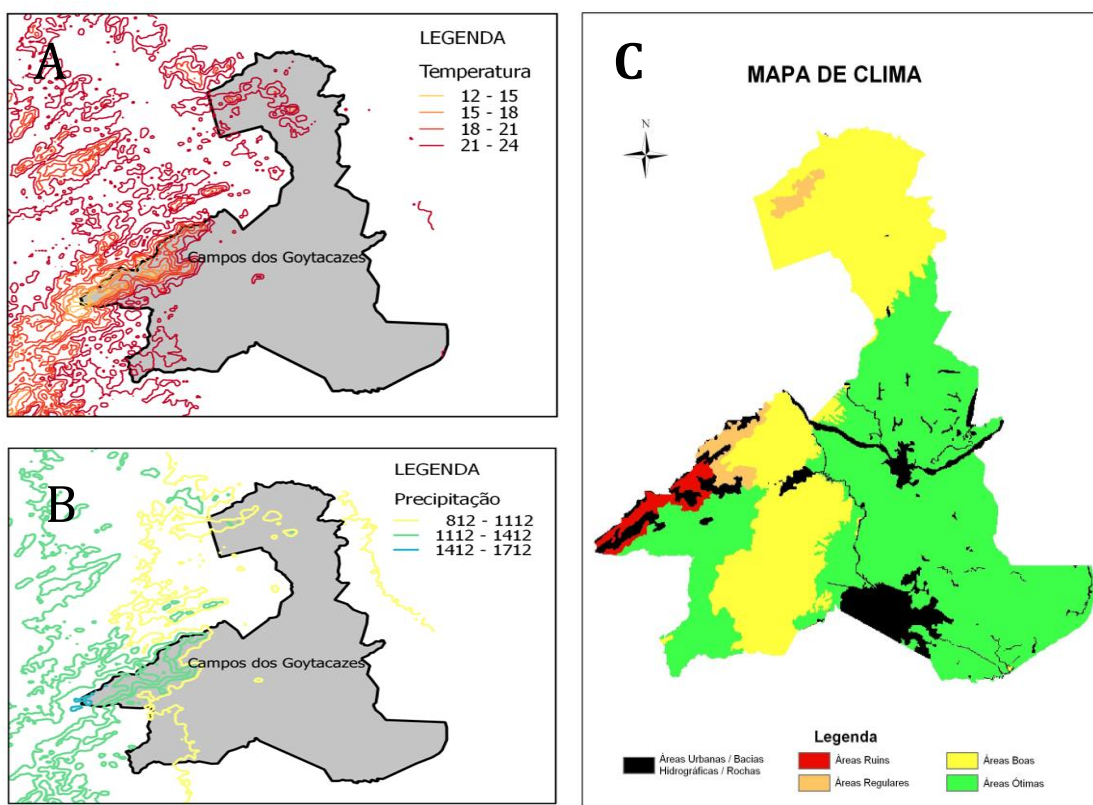


Figura 14. Mapa medianos de (A) temperaturas, (B) precipitação e (C) de conclusão climatológica para o território de Campos dos Goytacazes.

O clima é importante para na indicação dos cultivares a serem plantados, pois o clima não pode ser modificado. Diferentes variedades toleram climas diversos e cada genótipo tem suas adaptações (OLIVEIRA et al., 2014; ROSSI et al., 2014). O melhoramento genético do capim-elefante na região tem contribuído para a obtenção de cultivares adaptados à região, direcionando esforços quanto à melhoria da qualidade da biomassa para a produção de energia, visando a demanda das indústrias ceramistas (Menezes *et al.*, 2014 e 2016).

O uso do capim-elefante para produção de energia se deve ao fato da alta produção de biomassa seca, que pode atingir 40 t.ha⁻¹ ano, e poder calorífico entre 1100 a 4200 kcal/Kg (MORAIS et al., 2009). Além disso, a biomassa de capim-elefante pode ser transformada em briquetes (lenha ecológica) resultantes da compactação da biomassa picada. O briquete é usado em fornos industriais alternativamente a lenha de eucalipto, uma vez que, a biomassa do capim-elefante não é competitiva a lenha do eucalipto (QUÊNIO et al., 2011).

O capim-elefante requer de moderada a boa fertilidade do solo, sendo atribuído peso 3, pois as adubações de plantio e cobertura, bem como a escolha de genótipos com alta taxa de

fixação biológica de nitrogênio (genótipos FBN), podem reduzir o problema e até descartar as adubações nitrogenadas (QUÉNIO et al., 2011; FLORES et al., 2012).

Quanto à mecanicidade (peso 3), as áreas com declives superiores à 30% devem ser evitadas, devido aos riscos de acidentes e dificuldade de mecanização. Além disso, a fase inicial do cultivo do capim-elefante pode deixar o solo descoberto e sujeito à erosão. Como a região é plana, a mecanicidade do solo recebeu (peso 3) maior importância do que a erodibilidade (peso 1), considerando que o grau de impedimento ao tráfego ou à operação de máquinas agrícolas seja mais importante do que os riscos de erosão. O impedimento das máquinas se daria, por exemplo, em solos rochosos, solos muito pesados ou alagados.

Após a união dos mapas - climático e pedológico, respeitando seus respectivos pesos, foi possível chegar ao mapa de viabilidade (Figura 15) que mostra as regiões com solo e clima favoráveis à produção do capim-elefante. A análise do mapa mostra que, as piores áreas localizam-se próximas ao mar, principalmente quanto ao solo e que a maioria da região apresenta áreas excelentes para o capim-elefante, principalmente no sudeste do município, onde localiza-se o Polo Ceramista da Baixada Campista.

Cabe salientar que, a atividade ceramista explora jazidas de argila gerando áreas degradadas, com lenta recuperação natural, e o cultivo do capim-elefante poderia minimizar esse impacto ambiental. VALICHESKI et al. (2009) relataram os impactos ambientais da extração de argila, por meio da retirada da vegetação e da camada superficial do solo e do subsolo, gerando “cavas” com profundidade variando de 1 a 4 metros.

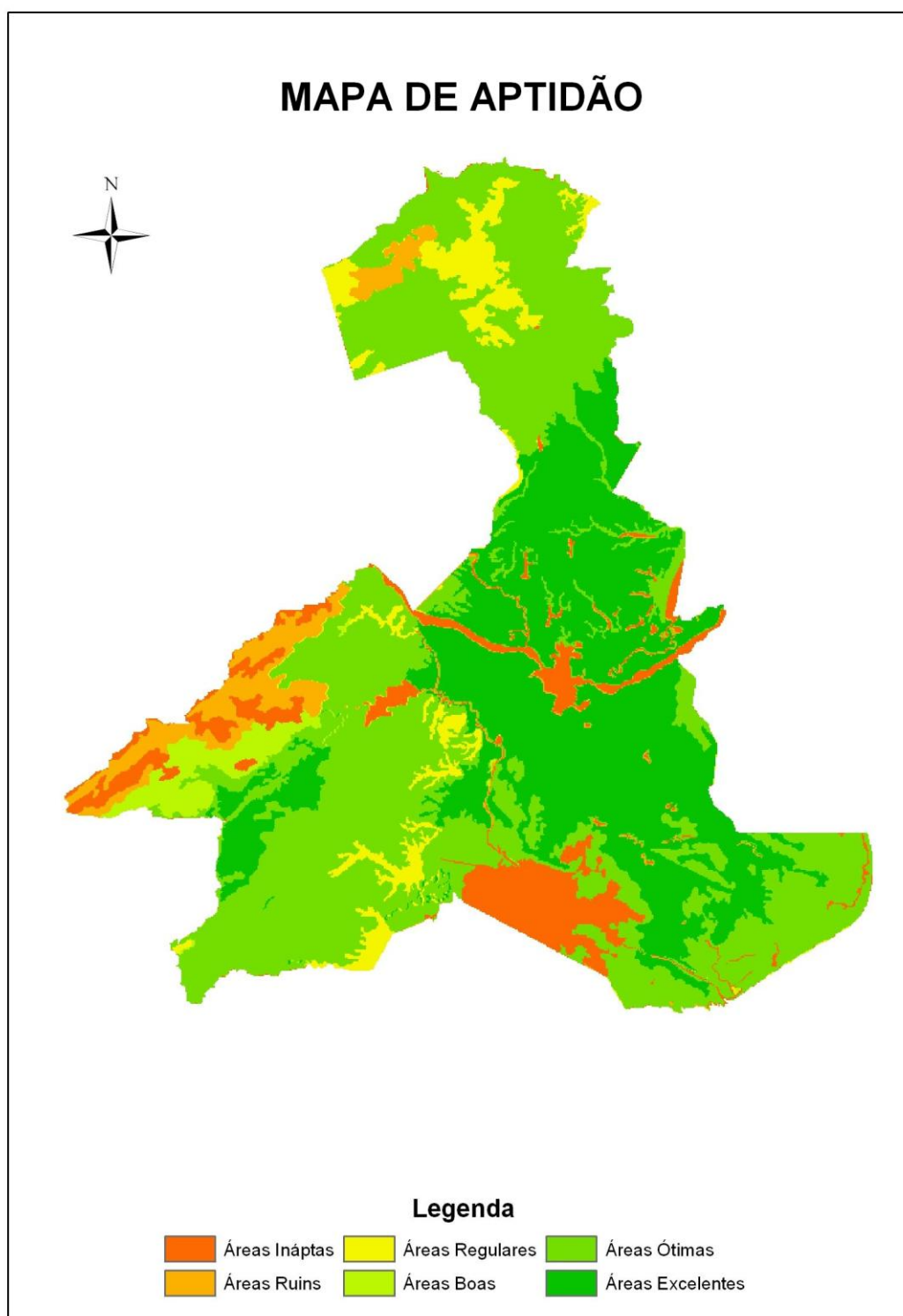


Figura 15. Mapa de aptidão do cultivo de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

4.6 CONCLUSÃO

Majoritariamente, o território de Campos dos Goytacazes apresenta condições adequadas ao cultivo do capim-elefante, levando em conta as temperaturas e precipitações anuais. O mapa de aptidão, construído por meio dos mapas de fertilidade, irrigabilidade, drenabilidade, erodibilidade e mecanicidade, demonstra que a maioria do município possui solos classificados como bons a excelentes para o capim-elefante. O mapa da aptidão mostra que as áreas consideradas excelentes se concentram na região sudeste onde se localiza o polo ceramista da baixada campista, e que as piores áreas nas próximas ao mar.

4.7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos especialistas Dr. Doracy Ramos (Embrapa-Solos) e Dr. Luis Rego Filho (Pesagro-Rio), bem como os financiamentos da CAPES.

4.8 REFERÊNCIAS

- DALMAS, F. B.; GOVEIA, S. S. et al. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11-Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 285-299, 2011.
- FONTOURA, C. F.; BRANDÃO, L. E. et al. Elephant grass biorefineries: towards a cleaner brazilian energy matrix. **Journal of Clean Production**, [s.l.], v. 96, p. 85-93, 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **SGB - Sistema Geodésico Brasileiro**, . Disponível em: <
https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_int.shtm?c=1> Acesso em: 22 fev. 2017
- JACQUES, A.V. A. Caracteres morfofisiológicos e suas implicações no manejo. In: Carvalho, M. M. et al. (Eds.). **Capim-elefante: produção e utilização**. 2. ed. rev. Brasília: EMBRAPA – CNPGL, 1997. p. 31-46.
- KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de La Tierra. Fondo de Cultura Economica, México. Lin CS and Binns MR. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Can. J. Plant Sci**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.
- MENEZES, B. R. S et al. Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, 2014.
- MENEZES, B.R.S et al. Combining ability in elephant grass ('Pennisetum purpureum'Schum.) for energy biomass production. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 9, p. 1297, 2016.
- MORAIS, R. F. D. et al. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 133-140, 2009.
- OLIVEIRA M.L.F. et al. Pre-breeding of elephant grass for energy purposes and biomass analysis in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 9, n. 36, p.2743-2758, 2 set. 2014.
- PATERLINI, E. M. et al. Evaluation of elephant grass for energy use. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n. 2, p.119-125, 2013.
- QUÉNO, L. M. R.; SOUZA, Á. N. et al. Custo de produção das biomassas de eucalipto e capim-elefante para energia. **Cerne**, v.17, p. 14-38, 2011.

RAMOS, I. S. et al. Diagnóstico do Pólo Cerâmico de Campos dos Goytacazes – RJ. **Cerâmica Industrial**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 28-32, 2006.

RIBEIRO, E. G. et al. Influência da irrigação durante as épocas seca e chuvosa na taxa de lotação, no consumo e no desempenho de novilhos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1546-1554, 2008.

ROSSI, D. A. et al. Canonical correlations in elephant grass for energy purposes. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 36, 2014.

SAATY, T. L. **Analytical hierarchy process**: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2. ed. USA. New York: Springer, 2012. p. 1-20.

SBCS, Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2013.

SHAHABI, H. et al. Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. **Environmental Earth Sciences**, v. 71, n. 9, p. 4221-4233, 2014.

VALICHESKI, R. R.; MARCIANO, C.R. et al. Avaliação econômica da reutilização de áreas degradadas pela extração de argila em Campos dos Goytacazes – RJ. **Revista Ceres**, v. 56, p. 1-8, 2009.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos agrícolas e as culturas energéticas possuem enorme potencial de expansão na produção da bioenergia e colaboram para a diversificação das matrizes energéticas internacionais e nacional.

A biomassa tem baixa eficiência e alta emissão GEE quando usada na queima direta, por isso novas tecnologias de produção e transformação na forma de carvão, briquetes ou péletes é fundamental para ampliação do seu uso junto à grandes setores industriais, em particular o caso, o capim-elefante tem grande potencial de cogeração em termoeletricas.

O setor florestal no Brasil tem forte contribuição na produção de bioenergia, por meio de florestas energéticas, produção de carvão e lixívia de licor negro da indústria de celulose e resíduos de madeiras, serrarias e movelarias. Ademais, contribui para a redução do desmatamento, preservação de biomas e investimentos em Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

-Os cultivos energéticos devem ser de alta eficiência, pois demandam grandes áreas, recursos hídricos, formam monocultivos e concorrem com a produção de alimentos.

-A bibliometria demonstrou que os registros de 2011 a 2017 concentram a publicação de artigos científicos no Brasil e na China, principalmente nos anos de 2014 e 2015. No Brasil, as pesquisas mais relevantes sobre o cultivo e manejo do capim-elefante para produção de energia referem-se à Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira e quanto ao seu melhoramento genético na Universidade Estadual do Norte Fluminense.

A metodologia que leva em conta fatores do clima e solo, associados às exigências agronômicas do capim-elefante demonstrou que território de Campos dos Goytacazes apresenta condições adequadas de cultivo, principalmente quanto as temperaturas e precipitações anuais. O zoneamento do solo com base em suas características de fertilidade, irrigabilidade, drenabilidade, erodibilidade e mecanicidade permitiu classificar os solos predominantemente como bons ou excelentes para o capim-elefante, principalmente sudeste onde se localizam as ceramicas da baixada campista.

REFERÊNCIAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo Técnico Setorial da Cerâmica Vermelha**: subsídios para elaboração de plano de desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva de cerâmica vermelha. Disponível em:

<http://www.abdi.com.br/Estudo/05prova_p%C3%A1gina%20%C3%BAnica%20-%20Cer%C3%A2mica%20Vermelha.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável. **Atlas Brasileiro da Biomassa Florestal e Industrial de 2015**. Curitiba, 2015. Disponível em:

<<http://abibbrasil.wix.com/brasilbiomassa>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

AGEITEC, Agência de Informação Tecnológica, **EMBRAPA**: Disponível em e;

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>, Acesso em 12 fev 2018.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Ministério de Minas e Energia.

Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET). Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica - **Informações Gerenciais** (2017). Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+1%C2%BA+trimestre+de+2017/798691d2-990b-3b36-1833-c3e8c9861c21>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica - BIG-2016, Ministério de Minas e Energia.

Banco de Informações de Geração (BIG-2015) **Capacidade de Geração do Brasil**.

Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

ANICER - Associação Nacional da Indústria Ceramista. **Relatório Anual 2015**. Disponível

em: <http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio_2015.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

AZEVEDO, V. P.; TEIXEIRA, M. A.; SILVA, F. C. Análise do uso de capim elefante em cerâmica vermelha de Três Rio/RJ. **Cerâmica Industrial**, v. 20, n. 2, p. 30-37, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **BEN 2015** - Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2015. Disponível em:

<[https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese.aspx?ano Coleta=2016&anoFimColeta](https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese.aspx?ano%20Coleta=2016&anoFimColeta)>. Acesso em: 29 jun. 2016.

BRUNKEN, J. N. A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Gramineae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 64, n. 2, p. 161-176, Feb. 1977.

BRAGA, R. M. et al. Pyrolysis Kinetics os elepahnt grass preteated biomasses. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **CAGED 2016**. 2016. Disponível em: <<http://pdet.mte.gov.br/caged/caged-2016/caged-dezembro-2016>>. Acesso em: 05 março 2017.

BRASIL. CAMARA DEPUTADOS. **Projeto de Lei no 3.529 de 2012**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/980948.pdf>>. Acesso em: 05 março 2017.

CARVALHO-NETO et al. The potencial of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.1, p. 1-20, 2014.

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **CCEE completa 15 anos de atuação no setor elétrico brasileiro**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticia leitura?contentid=CCEE_180601&_afLoop=56430300317714&_adf.ctrl-state=u0b7qlbdy_31#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_180601%26_afLoop%3D56430300317714%26_adf.ctrl-state%3Du0b7qlbdy_35>. Acesso em: 02 dez. 2016.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil**: subsídios para revisão do Plano Siderurgia. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Carvao_Vegetal_WEB_02102015_10225.PDF>. Acesso em: 22 dez. 2015.

COSTA, H. G. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. Revista da FAE, Paraná, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2010.

CUNHA, Murilo Bastos da. Biblioteca digital: bibliografia internacional anotada. Ciência da Informação, Brasília, v. 26, n. 2, p. 1-19, maio 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 16 Jan. 2017.

DALMAS, F. B.; GOVEIA, S. S. et al. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11-Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 285-299, 2011.

DALMAS, Fabricio Baú. **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos na UGRHI-11 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul**. [s.n], 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44137/tde-11112008-114002/pt-br.phpem>: 16 jan. 2018. >. Acesso em 14 jul 2017.

DEREZ, F. Produção de leite de vacas mestiças holandês x zebu em pastagens de capim elefante, manejada em sistema rotativo com e sem suplementação durante a época das chuvas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.1, p. 197-204, 2001.

DOMINGUES, P. C. M. Ministério de Minas e Energia PDEE-2024. Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE-2024). **Energia Elétrica no Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2024**. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/MME_PauloCesarBatista.pdf> Acesso em: 14 jun. 2016.

ELETRONUCLEAR/ Eletrobras. **Dados Operacionais, 2016**. Disponível em:

< <http://www.eletronuclear.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

EPE. Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os Próximos 10 anos (2015-2024). Série: Estudo da Demanda, Nota Técnica DEA 03/15. Rio de Janeiro, fev. 2015.

<<http://antigo.epe.gov.br//mercado/Documents/DEA%2003-2015-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015-2024.pdf>>. Acesso em 02 jul 2017.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia. **PNE-2030**.

Disponível em: <<http://antigo.epe.gov.br//PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

FERNANDA A. P. et al. Produtividade de Capim Elefante e Leucena em Diferentes Intervalos Entre Cortes. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, Número Especial, v. 2, n. 3, p. 182-185, 2013.

FILGUEIRAS, T.S. **Pennisetum in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13514>>. Acesso em: 29 jun 2016.

FONTOURA, C. F.; BRANDÃO, L. E. et al. Elephant grass biorefineries: towards a cleaner brazilian energy matrix. **Journal of Clean Production**, [s.l.], v. 96, p. 85-93, 2015.

FLORES, R. A. et al. Nitrogen and age on the quality of elephant grass for agroenergy purpose grown in Oxisol (Nitrogênio na qualidade da biomassa de capim elefante para fins energéticos cultivado em Latossolo). **Semina; Ciências Agrárias**, v 43, p 127-136, 2013.

FLORES, R. A. et al. Effect of nitrogen f. **Semina; Ciências Agrárias**, v 43, p 127-136, 2013
Ertilizer and cutting age on the dry matter production of elephant grass in Savana (Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim=elefante no cerrado), **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 16, p 1282-1288, 2012.

FORBES, E. G. A. et al. Physico-chemical characteristics of eight different biomass fuels and comparison of combustion and emission results in a small scale multi-fuel boiler. **Energy Conversion and Management**, v. 87, p. 1162-1169, 2014.

GARCIA. et al. Performance os steers raised on pastures of Elephant and Mombasa grasses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2 p. 403-410, 2011.

GESEL. Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Publicações**. Disponível em:
<<http://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/Publications>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. 12. ed. São Paulo: Pearson 2010.

GRANATO, L. O. **O capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum)**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1924. 96 p.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. Massachusetts, USA: Elsevier, 2006.

HOHENSTEIN, William G.; WRIGHT, Lynn L. Biomass energy production in the United States: an overview. **Biomass and Bioenergy**, Great Britain, v. 6, n. 3, p. 161-173, 1994.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**. Disponível em:
<http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Panorama**. Disponível em : <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/campos-dos-goytacazes>>. Acesso em 22 jul 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. (**PAN-2014**). Disponível em:
<<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default.shtm>> Acesso em: 22 jul. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SGB - Sistema Geodésico Brasileiro**. Disponível em:
<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_int.shtm?c=1> Acesso em: 22 fev. 2017

IEA-International Energy Agency. **Key World Energy Statistics 2015**. Disponível em:
<<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Base Cartográfica e Temática do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em:
<<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/EstudosePublicacoes/EstadodoAmbiente/index.htm&lang>>. Acesso 21 jul. 2017.

JACQUES, A.V. A. Caracteres morfofisiológicos e suas implicações no manejo. In: Carvalho, M. M. et al. (Eds.). **Capim-elefante: produção e utilização**. 2. ed. rev. Brasília: EMBRAPA – CNPGL, 1997. p. 31-46.

JONKER, J. G. G. et al. Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and insutrail technologies. **Applied Energy**, v. 147, p. 593-610, 2015.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de La Tierra. Fondo de Cultura Economica, México. Lin CS and Binns MR. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Can. J. Plant Sci**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

KPAKOTE, K.G. et al. Observations sur quelques caractéristiques morphologiques et chimiques de deux variétés d'herbea Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach): "Collete-Rouge" et "Vruckwona". **Journal de l'Association Scientifique de l'Quest African**, Atoscain, v. 24, n. 12, p. 37-42, 1979.

LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. Construindo um ideótipo de gramínea para produção de energia. In: SOUZA, F. H. D.; MATTA, F. P.; FÁVERO, A. P. **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília: Embrapa, 2013, p. 227-236.

LOPES, M. V. F. et al. Uso sustentável do solo para produção de capim-elefante, pennisetum purpureum, no município de Campos dos Goitacazes. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009. Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2009, p. 1-12.

LÓPEZ-BELLIDO, L. et al. Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. **European Journal Of Agronomy**, v. 60, p.1-12, out. 2014.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Análise do processo produtivo de uma empresa do segmento de cerâmica vermelha à luz da produção mais limpa. **Revista Produção Online**, v.13, n.4, p. 1355-1380, 2013.

MAFFIOLETTI, J.; MOTA NETO, J. Geração de energia elétrica com uso de casca de arroz. **Revista Brasileira de Energia**, v. 19 n.1, p. 49-59, 2013.

MARAFON, A. C. et al. Poder calorífico do capim-elefante para a geração de energia térmica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Aracaju (Embrapa Tabuleiros Costeiros), n. 115, dez. 2016.

MARAFON, A. C. et al. Produção e qualidade da biomassa de genótipos de capim-elefante com fins energéticos cultivados nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Circular Técnica**, Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, n. 67, 2013.

MARAFON, A. C. et al. Potencial produtivo e qualidade da biomassa de capim-elefante para fins energéticos. **Circular técnica**, Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, n. 68, 2014.

MENEZES, B.R.S et al. Combining ability in elephant grass ('Pennisetum purpureum'Schum.) for energy biomass production. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 9, p. 1297, 2016.

MENEZES, B. R. S et al. Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, 2014.

MENEGOL, D. et al. Potential of a Penicillium echinilatum enzymatic complex produced in either submerged or solid-state cultures for enzymatic hydrolysis of elephant grass. **Fuel**, v. 133, p. 232-240, 2014

MORAIS, R. F. et al. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant Grass (Pennisetum purpureumSchum.), **Plant and Soil**, v. 356, p 23-34, 2012.

MORAIS, R. F. D. et al. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 133-140, 2009.

MORAIS, R. F. Manejo do nitrogênio e emissão de gases de efeito estufa na produção de capim-elefante para bioenergia. 2011. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do Solo)- Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MORAES, S. L. et al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT, tecnologia e Inovação**, v.1, n. 4, 2017.

MYATT, G. J. Making Sense of Data - A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining. 2. ed. New York: **John Wiley and Sons**, 2007.

OHIRA, M. L. B.; PRADO, N. S. Bibliotecas virtuais e digitais: análise de artigos de periódicos brasileiros (1995/2000). **Ciência da informação**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 61-74, 2002.

OHIMAIN, E. I. Review of the Nigerian biofuel Policy and incentives. **Renewable and sustainable energy Review**, v.22(c), p. 246-256, 2007
MME - Ministério de Minas e Energia. **Biomassa é a segunda maior fonte de energia em 2016**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia-em-2016> Acesso em 16 mar. 2017.

OLIVEIRA M.L.F. et al. Pre-breeding of elephant grass for energy purposes and biomass analysis in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 9, n. 36, p.2743-2758, 2 set. 2014.

PATERLINI, E. M. et al. Evaluation of elephant grass for energy use. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n .2, p.119-125, 2013.

PEREIRA, A.V; LÉDO, F. J. S. Melhoramento genético de Pennisetum purpureum. In: RESENDE, R. M. S.; DO VALLE, C. B.; JANK, L. **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 89-116.
PEREIRA, J.A.; AZEVEDO, A.R; SALES, R.O. et al. Composição química da silagem de capim-elefante cv. Napier (Pennisetum purpureum, Schum) com diferentes níveis de leucen cv. Cunninghamsetum purpureum Schum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.18, p. 273-282, 1989.

PEREIRA, J.A.; AZEVEDO, A. R. de; SALES, R. O. et al. Composição química da silagem de capim-elefante cv. Napier (*pennisetum purpureum schum.*) com diferentes níveis de leucina cv. Cunningham (*leucaena leucocephala (lam.) de wit.*). **Revista Científica de Produção Animal**, v.1, n.2, p. 23-30, 1999.

PEREIRA, J. A. et al. Composição Química da Silagem de Capim Elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum Schum.*) com Diferentes Níveis de Leucena cv. Cunningham (*Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.*). **Revista Científica de Produção Animal**, v. 1, n. 2, p191-204, 1999.

PEDROSO, L. L. A. et al. Demandas atuais e futuras da biomassa e energias renováveis no Brasil e no mundo. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 5, p 1980-1906, 2018.

QUÉNO, L. M. R.; SOUZA, Á. N. et al. Custo de produção das biomassas de eucalipto e capim-elefante para energia. **Cerne**, v.17, p. 14-38, 2011.

QUÉNO, L. R. M. Viabilidade econômica da produção de biomassa de eucalipto e de capim elefante para energia. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília.

QUESADA, D. M. et al. Parâmetros Qualitativos de Genótipos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) estudados para a produção de energia através da Biomassa. Circular Técnica, Seropédica, **Embrapa Agrobiologia**, n. 8, 2004.

RAMOS, I. S. et al. Diagnóstico do Pólo Cerâmico de Campos dos Goytacazes – RJ. **Cerâmica Industrial**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 28-32, 2006.

REN21 - Renewable Energy Policy Network for 21st Century. **Global Status Report Renewable 2016**. Paris, France, 2016.

RESENDE, R. M. S.; DO VALLE, C. B.; JANK, L. **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2008. p.89-116.

RIBEIRO, E. G. et al. Influência da irrigação durante as épocas seca e chuvosa na taxa de lotação, no consumo e no desempenho de novilhos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1546-1554, 2008.

ROSSI, D. A. et al. Canonical correlations in elephant grass for energy purposes. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 36, 2014.

SAATY, T. L. Analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: **McGraw-Hill**, 1980.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2. ed. USA. New York: Springer, 2012. p. 1-20.

SAATY, T. L. **Analytical hierarchy process**: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.

SALES, F. A. et al. Produtividade de capim elefante e leucena em diferentes intervalos entre cortes. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, New York, v. 2, n. 3 especial, p. 182-185, 2013.

SAMSON, R. et al. The potencial of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, n.1, p. 461-495, 2005.

SAYÃO, L. F. Afinal o que é biblioteca digital. **Revista USP**, n. 80, p. 6-17, 2009.

SANTOS, E. M. dos et al. Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2007.

SANTOS, H. G. et. al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. ampliada. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SHAHABI, H. et al. Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. **Environmental Earth Sciences**, v. 71, n. 9, p. 4221-4233, 2014.

SILVA, E.; ROCHA, C. R. Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa. **Revista Agrogeoambiental**, v. 2, n.1, p. 143- 152, 2010.

SILVA, R. M. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro 2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

SMIDERLE, D. A.V. Etanol sem futuro: a inusitada trajetória da cana em Campos dos Goytacazes (RJ). **Agenda Social**, v. 4, n. 2, p.76-95, 2010.

SOMERVILLE, C. et al. Feedstocks for Lignocellulosic Biofuels. **Science**, v. 329 n. 5993, p. 790-792, 2010.

STREZOV, V. EVANS, T.J. HAYMAN, C. Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum Purpureum* Schum) to bio-gas, bio-oil and charcoal. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8394-8399, 2008.

TILIO NETO, P. D. **Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres** [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010. 155 p.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos**, v.79, p. 43-54, 2007.

ÚNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1. ed. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010

URQUIAGA, S.; ALVES, B.; BODDEY, R. Capim elefante: uma nova fonte alternativa de energia. **Ambiente Brasil**. Disponível em:
<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuário/artigo_agropecuário/capim_elefante%3A_uma_nova_fonte_alternativa_de_energia.html>. Acesso em: 17 abr. 2016.

VALICHESKI, R. R.; MARCIANO, C.R. et al. Avaliação econômica da reutilização de áreas degradadas pela extração de argila em Campos dos Goytacazes – RJ. **Revista Ceres**, v. 56, p. 1-8, 2009.

Vilela, H. **Capim-elefante Paraíso na produção de energia, Agronomia**. Disponível em:
<http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/Producao_de_Biomassa_de_Capim_Elefante_Paraíso.htm>. Acesso em 17 jul 2017

VILELA, H. Capim elefante Paraíso na produção de energia. Proceedings online, 2008

WALTER, A.; NOGUEIRA, L. A. H. **Experências de geração de eletricidade a partir da biomassa no Brasil: Aspectos Técnicos e econômicos**. Disponível em:
<<http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s0c.htm>>. Acesso em 10 de Jul. 2016.

WOLDEYOHANNES, A. D. et al. Sustainable renewable energy resources utilization in rural areas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, n.1, p. 1-9, 2016.

WWF-Brasil-2015. **Relatório Annual 2015**. Disponível em:
< https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/relatorioanual_v4_otimizado.pdf >. Acesso em: 17 abr. 2017.

XIE. et al. Dynamic changes of lignina contentes of MT-1 elephant grass and its closely related cultivars. **Biomass and Energy**, v.35, no 5, p. 1732-1738, 2011.

YUAN, J .S. Plants to power: bioenergy to fuel the future. **Trends in Plant Science**. v.13, n.1, p. 421-429, 2008.

ZANETTI, J. B. et al. Balanço de energia na produção de capim-elefante em condições experimentais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2010. 18 p.