



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PROSPECÇÃO DO USO DA
BIOMASSA FLORESTAL
PARA FINALIDADES
ENERGÉTICAS**

TAMIRES NEDEL BAESSO

LAGES, 2020

TAMIRES NEDEL BAESSO

**PROSPECÇÃO DO USO DA BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES
ENERGÉTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências
Agroveterinárias - CAV, da Universidade do Estado de
Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Flávio José Simioni

Coorientador: Dr. José Mauro Magalhães Ávila Paz
Moreira

LAGES, SC

2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Baesso, Tamires Nedel
Prospecção do uso de biomassa florestal para finalidades
energéticas / Tamires Nedel Baesso. -- 2020.
187 p.

Orientador: Flávio José Simioni
Coorientador: José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Lages, 2020.

1. Análise prospectiva. 2. Biomassa de origem florestal. 3.
Energia de biomassa. I. Simioni, Flávio José. II. Moreira, José
Mauro Magalhães Ávila Paz . III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais. IV. Titulo.

TAMIRES NEDEL BAESSO

**PROSPECÇÃO DO USO DA BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES
ENERGÉTICAS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Orientador: Flávio José Simioni

Prof. Dr. Flávio José Simioni
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Coorientador: José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira

Dr. José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Membros:

Jeane de Almeida do Rosário

Prof. Dr. Jeane de Almeida do Rosário
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Cláudio C. A. Buschinelli

Dr. Cláudio Cesar de Almeida Buschinelli
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Lages, 27 de fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos pedidos atendidos e pela força na superação dos momentos mais difíceis. Acredito que todas as conquistas foram alcançadas com muita fé e determinação.

Aos meus pais Plauto e Marilene, meus maiores exemplos de dignidade, honestidade e caráter, agradeço pelo amor, carinho, auxílio e valores fundamentais para a vida. Ao meu irmão Vitor, pela amizade e companheirismo.

Ao meu melhor amigo, grande confidente e esposo Ricardo. Agradeço por estar sempre ao meu lado, por todo amor, compreensão e incentivo oferecidos nesta caminhada. Obrigada por acalmar meu coração nas incertezas.

Aos meus avós Carlos e Célia, pela motivação, inspiração e modelos de perseverança. Também aos meus avós Arcádio e Ivone, que mesmo na esfera celestial, tenho certeza da presença nos meus passos.

Aos demais familiares e amigos, pela contribuição nesta etapa da minha vida.

À Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade de estudar em uma instituição pública e de qualidade, principalmente ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAMB). Também, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio para a realização do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Flávio José Simioni, agradeço pela valiosa orientação, pela paciência, dedicação e disponibilidade de seu tempo nestes últimos dois anos.

Ao bolsista de iniciação científica Lucas Gerber Soares pelo empenho e persistência em me ajudar desde o início do projeto.

Ao Ministério Público de Santa Catarina (MPSC), em especial à 13ª Promotoria de Justiça da Comarca de Lages, pela oportunidade de aprendizado e pelo acolhimento.

Por fim, o resultado apresentado nesta dissertação é produto do trabalho de várias pessoas que, de certa forma, tiveram participação importante para a sua conclusão. Desejo manifestar aqui meus agradecimentos a essas pessoas e instituições pelo suporte de conhecimento e assistência.

EPÍGRAFE

“A vida é uma seleção natural, prepare-se para ser o melhor.” **(Alosir Moretti)**

RESUMO

O Brasil tem se destacado como um dos líderes mundiais em produtividade do setor madeireiro. O setor de florestas plantadas contribui anualmente para a balança comercial brasileira com significativos e crescentes valores em exportação bem como tem relevância no Produto Interno Bruto nacional. A matriz energética brasileira tem origem predominantemente renovável, mas é dependente da geração proveniente de usinas hidrelétricas e essa arriscada dependência evidenciou uma fragilidade do setor elétrico brasileiro, fato este que tem incentivado esforços que visem a diversificação das fontes de energias renováveis não-hídricas. Neste contexto, a biomassa florestal constitui-se em uma relevante e potencial alternativa para aumentar sua participação na matriz energética do Brasil, considerando a capacidade produtiva, principalmente relacionada a disponibilidade de área e elevada produtividade das florestas. Assim, o objetivo central da pesquisa foi identificar e prospectar o comportamento futuro do uso da biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, considerando também as diferentes regiões e estados da federação. Adotou-se a abordagem *foresight* para a prospecção, que consiste na projeção futura fundamentada no conhecimento de especialistas mediante a aplicação de um questionário *Delphi*. Para tanto, inicialmente efetuou-se a seleção de especialistas que trabalhassem ou atuassem na área de biomassa florestal destinada para finalidades energéticas com o propósito de desenvolver um banco de contatos abrangendo todos os estados brasileiros. Após a revisão teórica em artigos científicos, o questionário foi produzido e ajustado de acordo a necessidade identificada pelos pesquisadores envolvidos no presente estudo. De um total de 646 contatos, obteve-se o retorno de 154 especialistas, cujos dados foram tabulados e posteriormente analisados por meio da estatística descritiva. Em razão do reduzido número de respostas, alguns estados não foram tabulados visando uma maior confiabilidade dos resultados apresentados. Os resultados do estudo indicam uma tendência de crescimento da produção de lenha e carvão vegetal na maioria das regiões brasileiras e nos estados analisados. A prospecção permitiu ainda, identificar os fatores críticos bem como os propulsores relacionados ao aumento da oferta e demanda de biomassa florestal para a produção de energia, bem como as necessidades relacionadas e enfrentadas por profissionais do ramo de biomassa florestal que atuam em pesquisa, mercado, cogeração de energia, empresa do ramo florestal e produção de papel e celulose.

Palavras chaves: análise prospectiva, biomassa de origem florestal, energia de biomassa.

ABSTRACT

Brazil has stood out as one of the world leaders in productivity in the timber sector. The planted forest sector contributes annually to the Brazilian trade balance with significant and growing export values, as well as having relevance in the national Gross Domestic Product. The Brazilian energy matrix has a predominantly renewable origin, but it is dependent on the generation from hydroelectric plants and this risky dependence showed a fragility in the Brazilian electricity sector, a fact that has encouraged efforts aimed at diversifying the sources of non-hydro renewable energy. In this context, forest biomass is a relevant and potential alternative to increase its participation in the Brazilian energy matrix, considering the productive capacity, mainly related to the availability of area and high productivity of forests. Thus, the main objective of the research was to identify and prospect the future behavior of the use of forest biomass for energy purposes in Brazil, considering also the different regions and states of the federation. The foresight approach to prospecting was adopted, which consists of future projection based on the knowledge of specialists through the application of a Delphi questionnaire. To this end, the selection of specialists who worked or worked in the area of forest biomass destined for energy purposes was initially carried out with the purpose of developing a contact database covering all Brazilian states. After the theoretical review of scientific articles, the questionnaire was produced and adjusted according to the need identified by the researchers involved in the present study. Out of a total of 646 contacts, 154 specialists were returned, whose data were tabulated and subsequently analyzed using descriptive statistics. Due to the small number of responses, some states were not tabulated in order to ensure greater reliability of the results presented. The results of the study indicate a trend of growth in the production of firewood and charcoal in most Brazilian regions and in the states analyzed. The prospecting also allowed to identify the critical factors as well as the drivers related to the increase in the supply and demand of forest biomass for energy production, as well as the related needs faced by professionals in the field of forest biomass who work in research, market, energy cogeneration, a forestry company and the production of paper and cellulose..

Key-words: prospective analysis, biomass of forest origin, biomass energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Questões de pesquisa e critérios de seleção.....	29
Figura 2 - Distribuição do número de estudos publicados por ano (2008-2018)	30
Figura 3 - Local de abrangência dos estudos.....	30
Figura 4 - Áreas de estudo considerando mais de uma por artigo.....	31
Figura 5 - Distribuição dos especialistas selecionados pelos estados brasileiros e o Distrito Federal (n=646)	65
Figura 6 - Representação esquemática dos caminhos percorridos pelos entrevistados durante o preenchimento do questionário.....	67
Figura 7 - Evolução histórica e prospecção do consumo interno de lenha de silvicultura para o ano de 2030 (n=98).....	74
Figura 8 - Evolução histórica e prospecção do consumo interno de carvão vegetal de silvicultura para o ano de 2030 (n=93).....	75
Figura 9 - Evolução do consumo de lenha por setor no Brasil no período de 1970 a 2017	77
Figura 10 - Evolução do consumo de carvão vegetal por setor no Brasil no período de 1970 a 2017	77
Figura 11 - Evolução histórica e prospecção da área plantada com árvores de Eucalipto e Pinus (n=103)	78
Figura 12 - Perspectivas de investimentos em energia renovável no Brasil para os próximos anos (até 2030; n=119)	79
Figura 13 - Evolução histórica e prospecção da capacidade instalada de geração elétrica a partir de licor negro/lixívia (n=79).....	81
Figura 14 - Evolução histórica e prospecção da capacidade instalada de geração elétrica a partir de resíduos de madeira (n=88)	81
Figura 15 - Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da região Norte.....	86
Figura 16 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Norte (n=82)	87
Figura 17 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Norte (n=80)	87
Figura 18 - Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da região Nordeste	88
Figura 19 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Nordeste (n=92).....	89

Figura 20 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Nordeste (n=84).....	90
Figura 21 – Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da região Centro-Oeste e Distrito Federal	91
Figura 22 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Centro-Oeste (n=90)	92
Figura 23 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Centro-Oeste (n=85).....	92
Figura 24 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado de Goiás (n=7).....	93
Figura 25 - Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da região Sudeste.....	94
Figura 26 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Sudeste (n=92)	94
Figura 27 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Sudeste (n=88).....	95
Figura 28 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado de Minas Gerais (n=10).....	96
Figura 29 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para o estado de Minas Gerais (n=10)	97
Figura 30 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado de São Paulo (n=8).....	97
Figura 31 - Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da Região Sul.....	98
Figura 32 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Sul (n=93)	98
Figura 33 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Sul (n=89).....	99
Figura 34 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para o estado do Paraná (n=13).....	100
Figura 35 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado do Rio Grande do Sul (n=7).....	101
Figura 36 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para o estado do Santa Catarina (n=22)	101
Figura 37 - Evolução histórica e prospecção da participação do setor energético no consumo de biomassa (n=9).....	107

Figura 38 - Modalidade da produção de biomassa florestal para os próximos anos (n=6)	109
Figura 39 - Evolução histórica e prospecção da participação da indústria de papel e celulose no consumo de biomassa (n=5)	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos resultados do diagnóstico dos especialistas entrevistados	71
Tabela 2 - Expectativa sobre o consumo para os diferentes tipos de biomassa para os próximos anos (até 2030)	73
Tabela 3 - Principal tipo de fonte de biomassa florestal para uso energético nos próximos anos (n=122)	73
Tabela 4 - Comentário e/ou justificativa da expectativa da oferta interna de energia a partir da lenha de silvicultura para o ano de 2030 (n=95)	74
Tabela 5 - Comentário e/ou justificativa da expectativa da oferta interna de energia a partir do carvão vegetal de silvicultura para o ano de 2030 (n=92).....	75
Tabela 6 - Crescimento e ampliação da participação de cada setor no consumo final de biomassa em diferentes setores até 2030 (n=119).....	76
Tabela 7 - Prospecção do comportamento do consumo de lenha em diferentes setores nos próximos anos (até 2030)	77
Tabela 8 - Prospecção do comportamento do consumo de carvão vegetal em diferentes setores nos próximos anos (até 2030).....	78
Tabela 9 - Expectativa de maiores investimentos nas regiões brasileiras (n=101)	79
Tabela 10 - Principais fatores limitantes para a geração de energia a partir de biomassa florestal no Brasil (n= 139).....	80
Tabela 11 - Grau de importância dos principais fatores relacionados à produção florestal e ao uso da biomassa na indústria, considerando o cenário futuro de 2030 (n=154).....	83
Tabela 12 - Sugestões de demanda de pesquisa que contribuiriam para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=154).....	83
Tabela 13 - Sugestões de necessidade de política pública que contribuiriam para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=154).....	84
Tabela 14 - Sugestões de necessidade de política pública que contribuiriam para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=151).....	85
Tabela 15 - Distribuição das respostas pelas regiões brasileiras	86
Tabela 16 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Norte.....	88
Tabela 17 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Nordeste	90
Tabela 18 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Centro-Oeste	93
Tabela 19 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Sudeste	95
Tabela 20 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Sul	99

Tabela 21 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Pesquisa)	102
Tabela 22 - Possíveis demandas de pesquisa que contribuiriam para um maior uso da biomassa florestal para geração de energia (n=79).....	103
Tabela 23 - Maiores dificuldades enfrentadas pelos profissionais da área da pesquisa (n=80)	103
Tabela 24 - Incentivo financeiro para o desenvolvimento de pesquisas do ramo florestal para finalidades energéticas (n=80)	104
Tabela 25 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Mercado)	104
Tabela 26 - Preço nominal do metro estéreo (mst - lenha) e do metro de cavaco (mcav) para o ano de 2030 (n=11)	105
Tabela 27 - Comportamento do mercado brasileiro de exportações e importações de biomassa florestal para o ano de 2030 (n=8)	105
Tabela 28 - Comportamento do mercado brasileiro de exportações e importações de carvão vegetal para o ano de 2030 (n=9).....	105
Tabela 29 - Influência da atual situação econômica do Brasil no potencial de produção e uso da biomassa florestal para finalidades energéticas nos próximos anos (n=8)	106
Tabela 30 - Sugestões de ações para potencializar a produção e o consumo de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=9)	106
Tabela 31 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Cogeração de energia)	107
Tabela 32 - Potencial do consumo de biomassa no setor energético brasileiro (n=10).....	107
Tabela 33 - Opinião dos especialistas sobre a evolução da cogeração de energia (n=8).....	108
Tabela 34 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Empresa do ramo florestal).....	108
Tabela 35 - Segmento da empresa do entrevistado (n=6).....	109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	21
1.1	OBJETIVO.....	22
1.1.1	Objetivo Geral	22
1.1.2	Objetivos Específicos	23
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	23
2	REVISÃO TEÓRICA.....	25
2.1	PERSPECTIVA DA UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL: UMA REVISÃO	25
2.1.1	Introdução.....	26
2.1.2	Material e métodos	28
2.1.3	Disponibilidade e consumo da bioenergia.....	32
2.1.4	Características energéticas da biomassa florestal.....	35
2.1.5	Avaliação do potencial de uso energético de biomassa florestal	38
2.1.6	Cenário atual das políticas de incentivo.....	44
2.1.7	Perspectiva da utilização de biomassa florestal.....	49
2.1.8	Outros estudos relacionados a biomassa florestal.....	54
2.1.9	Considerações finais.....	55
2.1.10	Referências.....	55
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.1	TÉCNICAS DE PESQUISA.....	63
3.2	SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS	64
3.3	ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	65
3.4	ENVIO DO QUESTIONÁRIO	68
3.5	RECEBIMENTO E PREPARAÇÃO DOS DADOS.....	68
3.6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	69
4	RESULTADOS.....	71
4.1	DIAGNÓSTICO DOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS	71
4.2	PROSPECÇÃO PARA A SITUAÇÃO BRASILEIRA.....	72
4.2.1	Fatores críticos ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas	82
4.3	PROSPECÇÃO PARA AS REGIÕES BRASILEIRAS	85
4.3.1	Região Norte	86

4.3.2 Região Nordeste	88
4.3.3 Região Centro-Oeste.....	91
4.3.4 Região Sudeste	93
4.3.5 Região Sul.....	98
4.4 ÁREAS DE ATUAÇÃO	102
4.4.1 Pesquisa	102
4.4.2 Mercado.....	104
4.4.3 Cogeração de energia	106
4.4.4 Empresa do ramo florestal.....	108
4.4.5 Produção de papel e celulose	110
5 DISCUSSÃO	111
6 CONCLUSÃO GERAL	115
REFERÊNCIAS.....	117
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	120

1 INTRODUÇÃO GERAL

Na atualidade, a matriz elétrica do Brasil é de origem predominantemente renovável, no entanto, é dependente da geração hidráulica, que corresponde a 65,2% da oferta de energia do País (EPE, 2018). Durante os períodos de fortes chuvas, o setor fornece até 95% da eletricidade, contudo nos períodos de seca o sistema trabalha sob pressão e fontes alternativas, como as termelétricas a gás e a carvão precisam ser acionadas para manter o sistema em funcionamento, acarretando custos mais elevados de produção. A recorrência desses períodos de seca intensa nos últimos anos evidenciou a urgência em diversificar as fontes de energia renováveis não-hídricas.

Existe uma crescente demanda de energia elétrica no Brasil e no mundo, seja para fins de consumo residencial, para fins industriais ou serviços, e está atrelada ao aumento da população e esgotamento dos recursos naturais (BILGILI et al., 2018). Para atender essa necessidade há o desafio do setor elétrico nacional de buscar utilizar as mais variadas fontes de energia que complementem a matriz energética atual e que, preferencialmente, sejam fontes renováveis. Neste cenário, há uma oportunidade para o setor florestal aumentar a sua participação no setor energético. Reis et al. (2017) ressalta também a crescente demanda por madeira para fins energéticos no Brasil para atender, principalmente, indústrias alimentícias, empresas que atuam na secagem de grãos e fornos de cerâmicas e mineradoras. Para estes casos, a biomassa florestal é empregada como fonte de energia térmica, ou seja, na forma de calor e vapor (REIS et al., 2015).

Considerado líder mundial em produtividade de madeira e um dos principais produtores de celulose, papel e painéis de madeira, o Brasil é referência mundial no setor de árvores plantadas. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas em 2016, o que equivale a menos de 1% do território nacional, que é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no País (IBA, 2018).

O setor florestal contribui significativamente para a balança comercial brasileira e sua importância teve forte crescimento entre os anos de 2004 e 2014 chegando a ser responsável por um saldo de mais de 7,47 bilhões de dólares na balança em 2014, fruto de exportações que alcançaram 9,95 bilhões contra 2,47 bilhões em importações de produtos oriundos de plantações florestais. As plantações florestais comerciais representam a quarta maior cultura em área plantada, menor apenas que a soja, o milho e a cana-de-açúcar (MOREIRA; OLIVEIRA, 2017). Em 2016, o setor agregou ao Produto Interno Bruto (PIB) nacional o valor aproximado

de 68,94 bilhões de reais o que correspondeu, naquele ano, a 1,1% do PIB, representando 6,2% do PIB industrial (IBA, 2018).

As florestas plantadas no Brasil são principalmente do gênero *Eucalyptus* (ANDRADE; TOMAZELLO FILHO; MOUTINHO, 2018), o qual corresponde a 72,7% da área total plantada. As regiões com maior participação, no ano de 2016, foram o Sudeste (45,29%), o Centro-Oeste (20,98%), o Nordeste (15,16%) e o Sul (12,66%) (IBA, 2018). Soares et al. (2006) descreve que o eucalipto se configura como um forte gerador de biomassa em virtude do rápido crescimento e fácil adaptação a diferentes tipos de solo e clima.

O uso da biomassa de origem florestal se constitui em uma relevante alternativa como fonte renovável de energia e vem sendo utilizada no Brasil (SIMIONI et al., 2017). Depois dos Estados Unidos, o Brasil possui a maior capacidade de gerar energia de biomassa no mundo (PAO; FU, 2013). Além disso, o setor de biomassa para produção de energia tem potencial de desenvolvimento e pode ser consideravelmente aumentado com a alocação de culturas energéticas em terras menos férteis (VÁVROVÁ; KNÁPEK; WEGER, 2014; ROBERTS et al., 2015).

Moreira e Oliveira (2017) relatam que a formulação de estratégias e instrumentos que apoiam a atividade florestal, enfrentando questões relativas ao uso das florestas, tornaram-se indispensáveis para a manutenção das vantagens competitivas do Brasil no cenário mundial.

Dentro deste contexto, como demonstrou o estudo de Simioni e Hoeflich (2010), a análise de prospecção é útil para identificar demandas tecnológicas e não tecnológicas para o setor, servir de subsídio para a formulação de políticas públicas, como as de incentivo ao uso de biomassa florestal como fonte de energia, e orientar ações no âmbito privado. Além disso, o presente estudo poderá contribuir no planejamento de associações locais e nacionais ligadas ao desenvolvimento do setor, dentre as quais: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Prospectar o comportamento futuro do uso da biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, considerando também as diferentes regiões e estados da federação.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Projetar tendências relacionadas ao uso da biomassa florestal para energia, de modo a auxiliar à formulação de políticas públicas e orientar à tomada de decisões.
- b) Identificar os principais fatores críticos relativos ao uso da biomassa florestal para fins energéticos considerando as áreas de pesquisa, mercado, cogeração de energia, empresa do ramo florestal e produção de papel e celulose;
- c) Detectar as demandas de tecnologia, de capacitação e pesquisa que visem o desenvolvimento dessa fonte de energia renovável no Brasil;
- d) Constatar as potencialidades do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas nos próximos anos (até 2030).

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi estruturada em 6 capítulos, que contemplam: introdução, revisão teórica, materiais e métodos, resultados, discussão e conclusão. O segundo capítulo corresponde ao artigo de revisão teórica intitulado “Perspectiva da utilização de biomassa florestal para produção de energia no Brasil: uma revisão”, no qual o objetivo consistiu-se em compreender o panorama do uso da biomassa florestal para uso energético, notadamente no Brasil. Foram estabelecidos critérios para seleção dos artigos publicados e posteriormente fez-se uma análise do estado da arte destes trabalhos.

O terceiro capítulo traz a metodologia do estudo, apresentando uma breve descrição dos estudos de prospecção futura; explicando como foi elaborado o questionário; como foram selecionados os especialistas e como ocorreu o envio do questionário; como foi o recebimento do questionário; a preparação dos dados; e, como foi trabalhado o tratamento estatístico dos mesmos.

O quarto capítulo abrange os resultados e está dividido em 4 subseções, sendo elas: diagnóstico dos especialistas entrevistados; prospecção para a situação brasileira; prospecção para as regiões brasileiras e prospecção para os estados brasileiros.

No quinto capítulo foram apresentadas as discussões dos dados de modo geral. As conclusões do trabalho, reunindo os principais resultados obtidos, são apresentadas no quinto capítulo.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 PERSPECTIVA DA UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL: UMA REVISÃO

Resumo: Este artigo fornece uma extensa revisão do estado da arte de publicações relacionadas a utilização de biomassa florestal para produção de energia. Um total de 133 estudos foram selecionados a partir de critérios pré-estabelecidos baseando-se nas diretrizes dos autores Pullin e Stewart (2006) e também o fluxograma elaborado por Quinteiro et al. (2017). Em seguida, efetuou-se a distribuição dos mesmos em 16 distintas áreas de estudo. Por fim selecionou-se as publicações categorizadas como pesquisas de situação atual e futura e políticas, totalizando um conjunto de 69 artigos. Assim, o presente artigo apresenta o estado da arte considerando a utilização da biomassa florestal para produção de energia no Brasil. Observou-se que muitos países têm investido em estudos que procuram avaliar alternativas renováveis para a produção de energia e a tendência de uso futuro de fontes renováveis. Percebe-se que a biomassa florestal se apresenta como uma importante alternativa de fonte energética tendo em vista a necessidade de redução da emissão de gases do efeito estufa, o aumento da segurança energética e a exaustão dos combustíveis fósseis. Apesar do potencial desta fonte, há ainda, diversos desafios a serem enfrentados, especialmente no que compete às questões tecnológicas voltadas ao aperfeiçoamento e a otimização do uso, da logística, do manejo, além das questões relativas à competição com culturas essenciais, como a alimentar e de produtos de madeira.

Palavras-chave: revisão bibliográfica, perspectiva futura, energia de biomassa.

Abstract: This article provides an extensive review of the state of the art of publications related to the use of forest biomass for energy production. A total of 133 studies were selected based on pre-established criteria based on the guidelines of the authors Pullin and Stewart (2006) and also the flowchart prepared by Quinteiro et al. (2017). Then, they were distributed in 16 different study areas. Finally, publications categorized as current and future situation and political research were selected, totaling a set of 69 articles. Thus, this article presents the state of the art considering the use of forest biomass for energy production in Brazil. It was observed that many countries have invested in studies that seek to evaluate renewable alternatives for the production of energy and the trend of future use of renewable sources. It can be seen that forest biomass is an important alternative source of energy in view of the need to reduce greenhouse gas emissions, increase energy security and exhaust fossil fuels. Despite the potential of this source, there are still several challenges to be faced, especially with regard to technological issues aimed at improving and optimizing use, logistics, management, in addition to issues related to competition with essential crops, such as food and wood products.

Key-words: bibliographic review, future perspective, biomass energy.

2.1.1 Introdução

Desde a primeira crise do petróleo, na década de 70, tem-se uma constante motivação para o uso de matérias-primas alternativas como substitutos dos combustíveis fósseis (BONASSA et al., 2018). O esgotamento dos recursos naturais, principalmente os relacionados às fontes de combustíveis fósseis, tem estimulado diversos países a buscarem alternativas energéticas renováveis em decorrência da crescente demanda por eletricidade atrelada ao aumento da população e avanço de tecnologias (BILGILI et al., 2018). No entanto, a participação do uso de biomassa para geração de energia diminuiu gradualmente ao longo da história da humanidade, fornecendo, atualmente, 10% da energia primária mundial (ROBERTS et al., 2015; TAURO; SERRANO-MEDRANO; MASERA, 2018).

Os combustíveis fósseis são as principais fontes de energia no mundo, destacando-se petróleo, carvão e gás-natural (SAIDUR et al., 2011). O acentuado consumo dessas fontes não-renováveis estimulou a exaustão das reservas, visto que tais fontes necessitam milhões de anos para que sejam formadas no interior da Terra (ROBERTS et al., 2015). Além disso, o uso de combustíveis fósseis destinados à produção de energia está diretamente relacionado às mudanças climáticas. Por outro lado, o uso de fontes energéticas renováveis auxilia na mitigação das mudanças climáticas, reduz as emissões de gases de efeito estufa (GEE), gera menores impactos ambientais quando comparado ao uso de fontes não-renováveis (SIMAS; PACCA, 2014) e proporciona combinações energéticas com menor dependência dos combustíveis fósseis, aumentando a segurança energética em regiões que não possuem abundantes reservas destes combustíveis (CUTZ et al., 2016; FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008).

Os recursos energéticos renováveis como biogás, biomassa, energia solar e eólica possuem capacidade para se tornarem importantes fontes de geração de energia que podem proporcionar benefícios ambientais, sociais e econômicos (KANASE-PATIL; SAINI; SHARMA, 2011). Neste contexto, considera-se biomassa todo recurso renovável que pode ser utilizado como fonte de energia, originada de material orgânico de origem animal ou vegetal, incluindo-se neste conceito os resíduos urbanos e de atividade econômicas agrícolas e industriais (MAHESH; SHOBA JASMIN, 2013; FERREIRA et al., 2018). Pode ser empregada para a geração de calor, eletricidade, combustíveis líquidos e gasosos (BILGEN et al., 2015; LI et al., 2012). A energia gerada a partir destes recursos é classificada como bioenergia. Conforme Mahesh e Shoba Jasmin (2013), a bioenergia inclui três fontes, sendo elas: biogás, biomassa sólida e biocombustível líquido.

A bioenergia tornou-se uma relevante escolha estratégica para o desenvolvimento sustentável (PEIDONG et al., 2009), reduzindo a dependência e aumentando a segurança das matrizes energéticas (YANG et al., 2013; BILGILI et al., 2017). Nos últimos anos, devido a essas preocupações relativas ao suprimento de energia, à segurança energética e à poluição ambiental (BILGILI et al., 2017), diversos países intensificaram a criação de metas voltadas ao meio ambiente e cotas para o uso de biocombustíveis, impulsionando a indústria de bioenergia (BRINGEZU, O'BRIEN, SCHÜTZ, 2012; FERNÁNDEZ, SÁNCHEZ, 2016; XUE et al., 2016). Por meio do Protocolo de Kyoto e tendo em vista que os combustíveis fósseis representam mais de dois terços das emissões de gases do efeito estufa (HERBERT; KRISHNAN, 2016), grande parte dos países industrializados comprometeu-se em reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009).

Em países desenvolvidos, dentre as fontes de energia renovável, a biomassa destaca-se como a mais utilizada, correspondendo a cerca de 5% do total de energia primária utilizada. Em se tratando dos países em desenvolvimento, a contribuição da biomassa no suprimento de energia primária supera 8% do total (ROBERTS et al., 2015). Diante deste cenário, há um grande potencial para o crescimento da participação da biomassa na matriz energética tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, visto que é considerada um dos recursos mais abundantes do mundo (MOHAMMED; MUSTAFA; BASHIR, 2014; HERBERT; KRISHNAN, 2016).

A biomassa proveniente de florestas e da agricultura é um importante recurso para a produção de bioenergia (BATIDZIRAI; SMEETS; FAAIJ, 2012). A biomassa lenhosa refere-se ao material orgânico proveniente de plantas lenhosas, especialmente árvores, que não é utilizada em produtos de madeira convencionais (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009), como os resíduos de madeira, de aparas florestais, de exploração florestal, de cascas de árvores e a serragem (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009; MOHAMMED; MUSTAFA; BASHIR, 2014; ZABED et al., 2017; FERREIRA et al., 2018). Segundo Ferreira et al. (2018), esses resíduos de madeira consistem em todo o material deixado para trás na coleta de madeira, tanto em florestas naturais quanto na silvicultura, e no desdobra e estacas produzidas no processamento de madeira. Além disso, a biomassa lenhosa destinada à geração de energia pode ser produzida em florestas de rotação curta plantadas para esse uso (HAVLÍK et al., 2011), como o eucalipto, por exemplo (SIMIONI et al., 2018; NEDEL et al., 2019). Segundo Wit, Junginger e Faaij (2013), as culturas de rotação curta, normalmente de 1 a 7 anos, são espécies e sistema de cultivo selecionados e otimizados por suas características de rápido crescimento e alto rendimento. Ressalta-se que a biomassa lignocelulósica pode ser

dividida em culturas energéticas, plantas aquáticas, materiais florestais, resíduos agrícolas e porção agrícola de resíduos sólidos urbanos (ZABED et al., 2017). Para tanto, para a produção de energia, os principais tipos de biomassa utilizados são os materiais lignocelulósicos de origem agrícola e florestal (SILVA et al., 2018). Deboni et al. (2019) aponta que apesar dos inúmeros fatores benéficos à aplicação da biomassa florestal como fonte de energia, esses materiais ainda são subutilizados.

Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo efetuar a análise do estudo da arte e entender a perspectiva de utilização da biomassa florestal para uso energético por meio da realização de uma revisão bibliográfica sistemática dos trabalhos publicados e relacionados ao potencial da biomassa florestal para finalidades energéticas.

2.1.2 Material e métodos

Para proporcionar uma visão geral dos principais trabalhos referentes a situação atual e futura da utilização da biomassa florestal para fins energéticos, foi realizada uma revisão sistemática baseada nas diretrizes estabelecidas por Pullin e Stewart (2006). As diretrizes de Pullin e Stewart (2006) seguem as seguintes etapas: a) planejamento da revisão com a formulação de perguntas a serem respondidas no decorrer do estudo; b) desenvolvimento de um protocolo de revisão, estabelecendo estratégias a serem seguidas com o objetivo de orientar os procedimentos efetuados, além de tornar o processo de revisão transparente e bem definido; c) pesquisa e seleção de dados relevantes, identificando as fontes a serem acessadas para obtenção das informações e d) extração dos dados que devem ser registrados em planilhas projetadas.

Para esta revisão os estudos foram selecionados com base nos critérios definidos na Figura 1, seguindo as diretrizes dos autores Pullin e Stewart (2006) e também o fluxograma elaborado por Quinteiro et al. (2017). A pesquisa foi realizada mediante consulta ao Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

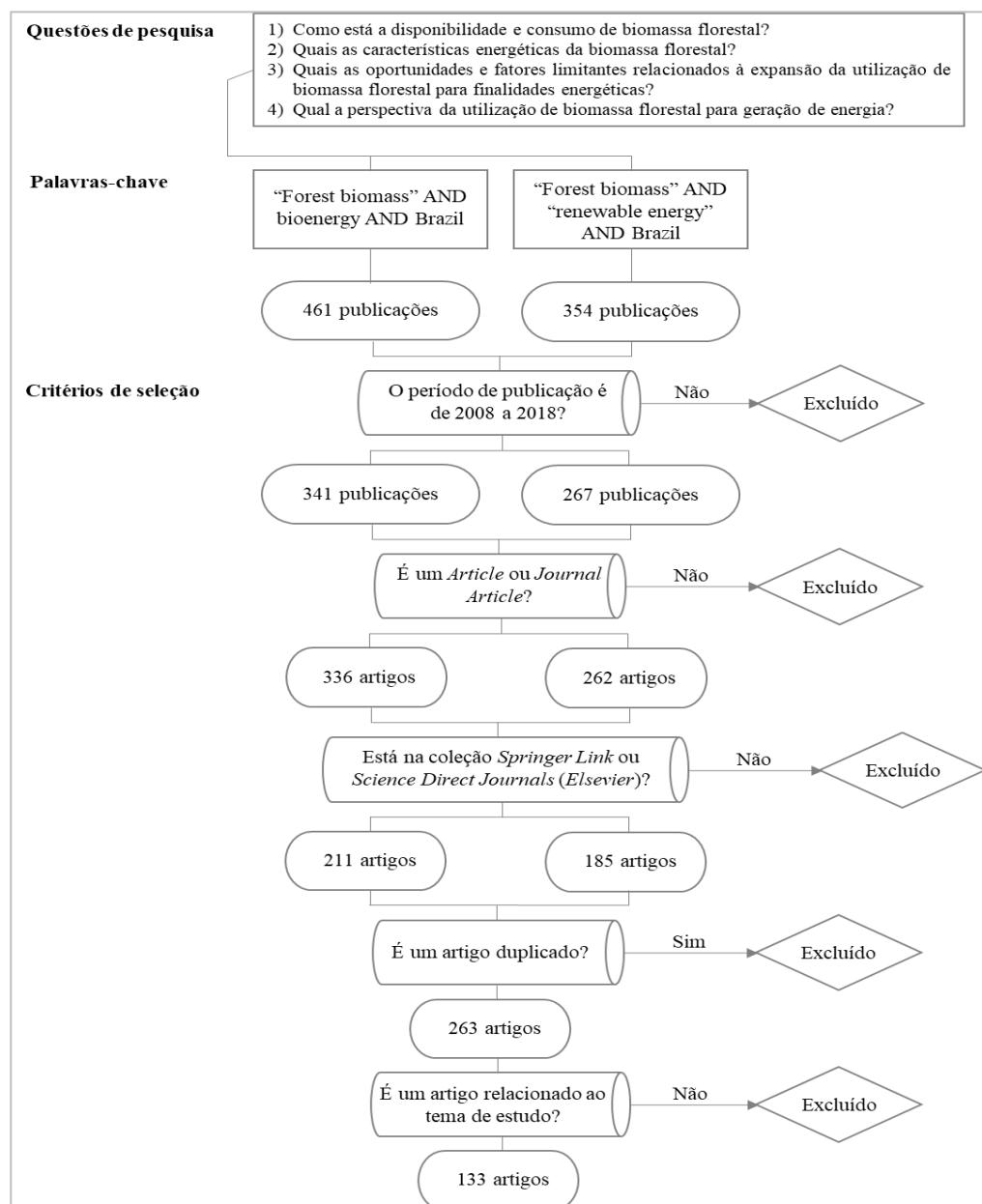
O Portal de Periódicos da CAPES fornece acesso a 45 mil publicações periódicas de diversas bases nacionais e internacionais, sendo cerca de 1.979 da *SpringerLink* e aproximadamente de 3.800 da *ScienceDirect*, esta é responsável por mais de 25% de toda informação científica publicada mundialmente (CAPES, 2018).

Dentro do Portal de Periódicos da CAPES o foco foi dado para as coleções da *Springer Link* e *Science Direct Journals (Elsevier)*. Estas coleções abrangem de maneira significativa o assunto de interesse, empregando as combinações de palavras chaves que representam três

aspectos do tópico de biomassa florestal para a produção de energia.

Unindo os artigos disponíveis na *Science Direct Journals (Elsevier)* e *Springer Link*, foram eliminadas manualmente as sobreposições, resultando em uma lista única de 263 estudos. Em seguida, cada artigo foi analisado individualmente e superficialmente por intermédio do seu resumo, excluindo, assim, os que não estavam relacionados ao tema, resultando uma lista final de 133 artigos. Da seleção final, 104 artigos estavam disponíveis na *Science Direct Journals (Elsevier)*, enquanto 29 artigos eram da *Springer Link*, o que representa 78,29% e 21,80%, respectivamente.

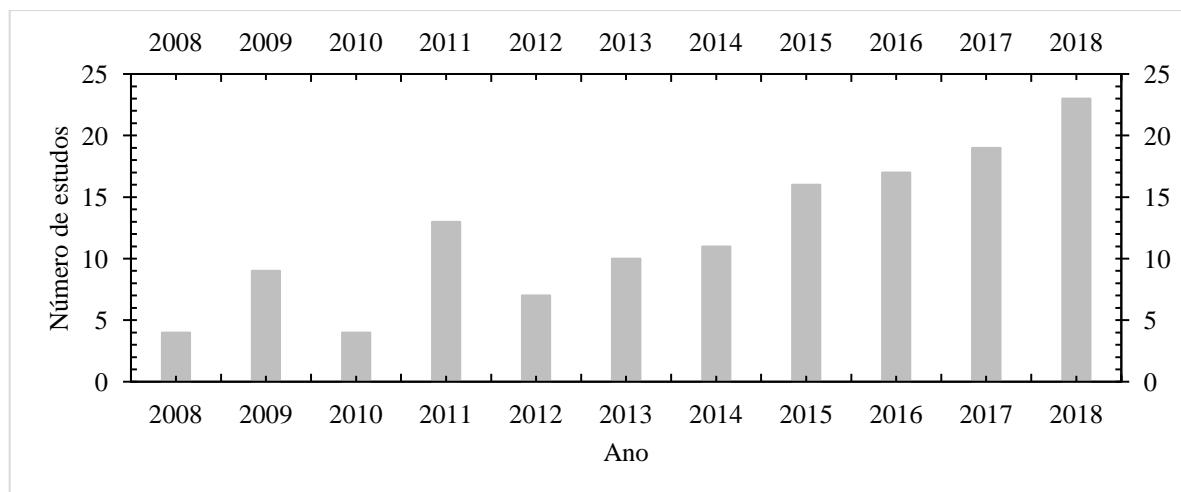
Figura 1 - Questões de pesquisa e critérios de seleção.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

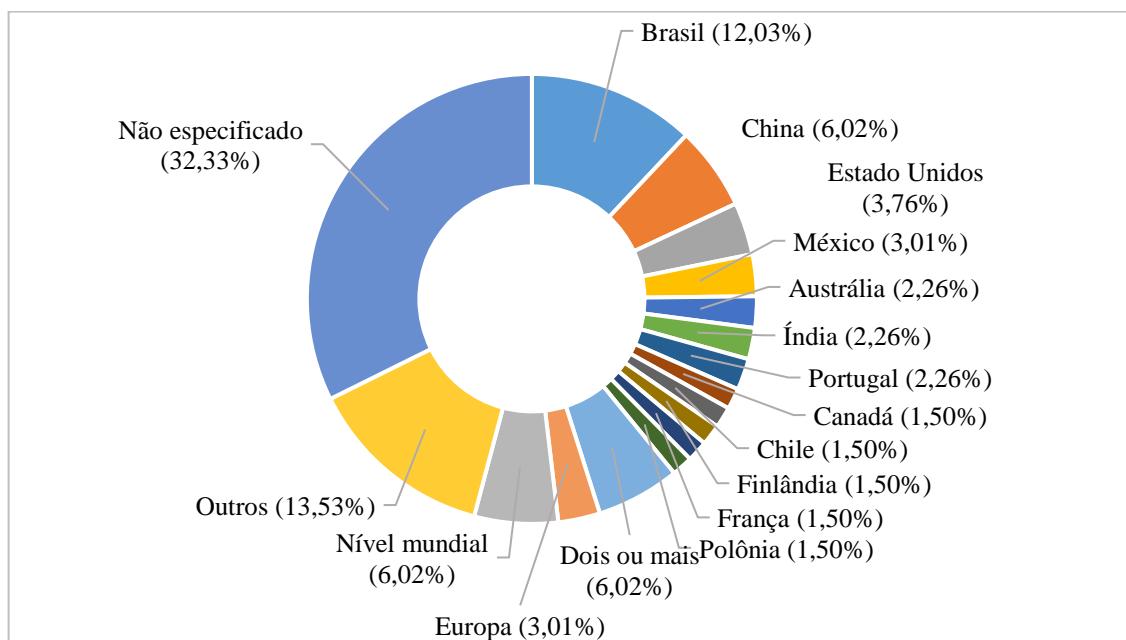
A Figura 2 apresenta o número desses estudos publicados entre os anos de 2008 a setembro de 2018. Assim, verificou-se uma evolução crescente do número de artigos publicados sobre o tema, especialmente nos últimos seis anos, demonstrando a sua importância no contexto da pesquisa acadêmica. Consoante ao representado na Figura 3, apesar da maioria dos artigos não especificar o local de abrangência do estudo (32,33%), os países, objetos de estudo, com maior número de trabalhos publicados foram: Brasil (12,03%), China (6,02%), Estados Unidos (3,76%) e México (3,01%).

Figura 2 - Distribuição do número de estudos publicados por ano (2008-2018)



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

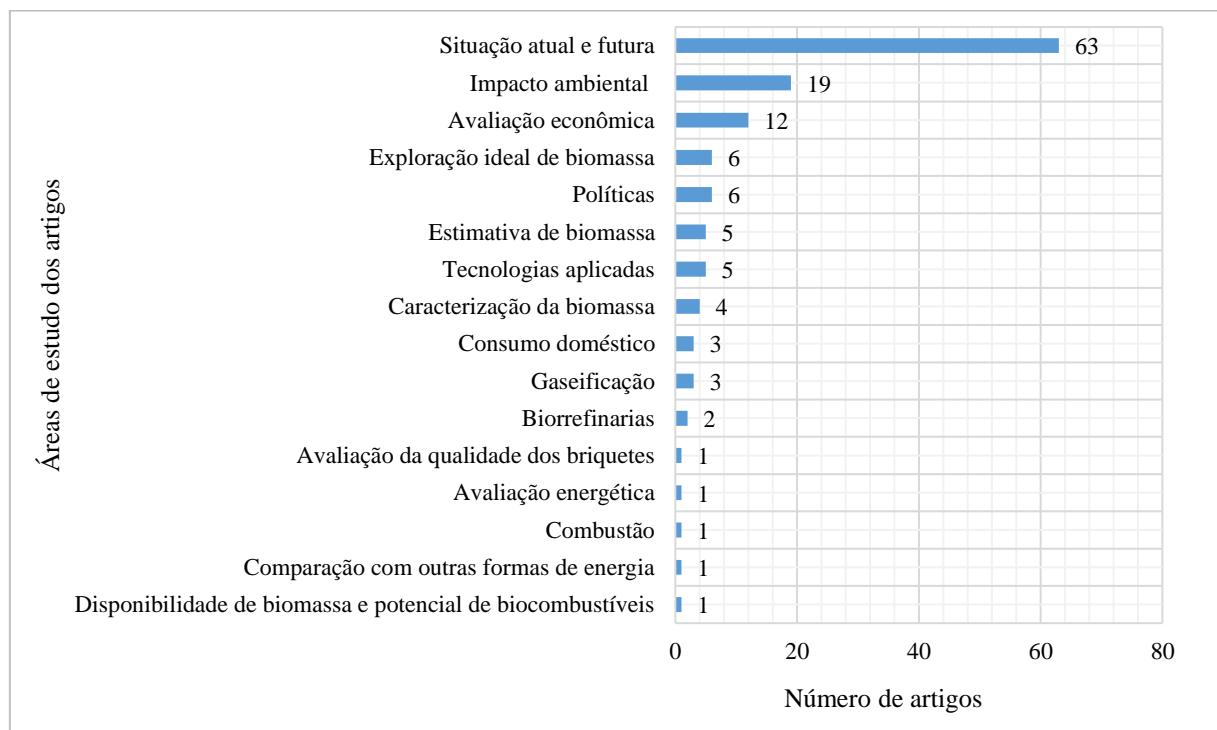
Figura 3 - Local de abrangência dos estudos



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Por fim, os 133 artigos foram agrupados de acordo com a área de estudo conforme a Figura 4. Deste banco de dados, 47,37% dos trabalhos estão relacionados à situação atual e futura da utilização de biomassa florestal, 14,29% à impactos ambientais, 9,02% à avaliação econômica, 4,51% à exploração ideal de biomassa, 4,51% às políticas, 3,76% à estimativa de biomassa, 3,76% às tecnologias aplicadas, 3,01% à caracterização da biomassa, 2,26% ao consumo doméstico, 1,50% às biorrefinarias e as demais áreas inferiores com 1%. Desse modo, para a análise final, selecionou-se, as publicações categorizadas como pesquisas de situação atual e futura e políticas, totalizando um conjunto de 69 artigos que foram avaliados individualmente pela autora e utilizados para a redação do presente artigo.

Figura 4 - Áreas de estudo considerando mais de uma por artigo



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Para a apresentação dos resultados, baseou-se no trabalho realizado por Köhler et al. (2019). Os resultados foram divididos em quatro temas, que abordam diferentes aspectos da biomassa florestal para finalidades energéticas: disponibilidade e consumo de biomassa florestal (seção 3), características energéticas da biomassa florestal (seção 4), oportunidades e fatores limitantes relacionados à expansão da utilização de biomassa florestal para finalidades energéticas (seção 5) e perspectiva da utilização de biomassa florestal para geração de energia (seção 6).

2.1.3 Disponibilidade e consumo da bioenergia

Existe, atualmente, um relativo consenso quanto a necessidade de ampliação da produção e consumo de bioenergia. Para tanto, esforços têm sido feitos nesta direção nos diversos setores da sociedade a nível científico, produtivo e governamental. Diversos países do globo já firmaram compromissos com programas de incentivo ao uso de bioenergia.

Os esforços atuais em busca de maior eficiência do uso de combustíveis de biomassa ainda esbarram na necessidade de desenvolvimento de melhores tecnologias de conversão que ainda são apontadas como complexas (BILGEN et al., 2015). As tecnologias de tratamento como a torrefação, carbonização, combustão, gaseificação, liquefação e pirólise, alteram as propriedades químicas do material convertendo-o em combustível com melhores índices de qualidade (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016; MONCADA; ARISTIZÁBAL; CARDONA, 2016; BONASSA et al., 2018). A torrefação, por sua vez, apresenta um forte potencial de aplicação na cadeia de produção de combustíveis sólidos a partir da biomassa agroflorestal, ainda que no Brasil, até o presente momento, não há instalações consolidadas operando em escala comercial (SILVA et al., 2018).

Apesar da biomassa ser considerada, por alguns autores, o terceiro maior recurso energético primário (BILGEN et al., 2015; HERBERT; KRISHNAN, 2016), e também a fonte de energia mais importante do mundo (BILGEN et al., 2015), o seu uso para energia depende de fatores como a eficiência do sistema empregado, disponibilidade de recursos, aceitação social, emissões, política de uso da terra, tecnologia, custo econômico da usina e fluxo de combustível (MOHAMMED; MUSTAFA; BASHIR, 2014). Para Cremonez et al. (2015a), o aperfeiçoamento das técnicas atuais e o surgimento de novas tecnologias para a produção de biocombustíveis são fundamentais para o aumento da produção e consumo nos próximos anos.

Existem diferentes tipos de fontes de biomassa produzidas na silvicultura, agricultura, comércio e indústria, que podem ser empregadas na geração de energia (BILGILI et al., 2017). A biomassa pode ser classificada de acordo com o produto fornecido e o estado físico em que este produto final é apresentado: biocombustíveis sólidos (calor e eletricidade), biocombustíveis líquidos (biotetanol e biodiesel) e biocombustíveis gasosos (biogás com CH₄ e CO₂ como componentes principais (RODRÍGUEZ-MONROY; MÁRMOL-ACITORES; NILSSON-CIFUENTES, 2018). As fontes utilizadas para a produção de bioetanol, por exemplo, podem ser categorizadas principalmente em açúcares, amido, biomassa lignocelulósica e algas (ESCOBAR et al., 2009; CREMONEZ et al., 2015b; BILGILI et al., 2017), podendo ser utilizados isoladas ou em misturas com seus equivalentes fósseis, ou seja,

aos combustíveis convencionais (ESCOBAR et al., 2009; CREMONEZ et al., 2015b).

As atuais pesquisas concentram-se na busca por fontes potenciais de bioetanol, em especial a biomassa lignocelulósica, uma vez que as fontes convencionais, como a cana-de-açúcar e o milho não são suficientes para atender a demanda (ZABED et al., 2017). Alguns empreendimentos industriais de produção de álcool, por exemplo, empregam resíduos de culturas, resíduos florestais e outros, que apresentam baixo custo e alta disponibilidade (CREMONEZ et al., 2015b). Outras futuras fontes de energia que também podem ser consideradas energia de biomassa são o hidrogênio de microrganismos manipulados e eletricidade de células fotossintéticas (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008).

A biomassa lenhosa, cuja produção provém especialmente de plantações de eucalipto, é empregada como combustível na geração de energia ou como matéria prima no processo de carbonização de carvão vegetal (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016). Com plantação incentivada pela diminuição de madeira proveniente de florestas nativas, as plantações de eucalipto adaptaram-se às condições naturais do Brasil, apresenta rápido crescimento, alta produtividade, adaptabilidade e diversificação no uso da madeira (SILVA et al., 2018). Esta fonte renovável apresenta-se com uma alternativa para aumentar a independência energética, desenvolver economias rurais e reduzir as mudanças climáticas (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008; ANGELIS-DIMAKIS et al., 2011).

De acordo com Silva et al. (2018), a diversidade, a disponibilidade de biomassa lignocelulósica no Brasil e a demanda atual por fonte de energia renováveis e de baixo custo, representam uma oportunidade para o desenvolvimento da torrefação, não obstante, envolve desafios relacionados a questões técnicas, logísticas e político-administrativas. Os autores apontam que os países europeus são potenciais compradores de biomassa torrada produzida no Brasil.

De acordo com dados do estudo de Ben-Iwo, Manovic e Longhurst (2016), o Brasil é o país que mais utiliza biomassa para geração de energia, com aproximadamente 16% do consumo total mundial, seguido pelos Estados Unidos (9%) e Alemanha (7%). Quando comparado a outros países, o Brasil destaca-se por dispor uma elevada quantidade de matérias-primas renováveis e também pelas tecnologias existentes para o uso de fontes alternativas de energia (SCATOLINO et al., 2018).

Nos Estados Unidos, cerca de 50% da parcela de fontes de energia renováveis pertence à biomassa. Comparado com outros países, produz e consome uma maior quantidade de energia de biomassa, além de produzir e consumir quase metade da produção e consumo mundial de biocombustíveis. Indicou-se ainda, que os Estados Unidos possui a maior geração de

eletricidade a partir de recursos de biomassa do que Alemanha, China e Brasil (BILGILI et al., 2017).

Aproximadamente 70% do etanol mundial é produzido pelos Estados Unidos e o Brasil, sendo estes, em ordem decrescente, classificados como os maiores produtores e consumidores de etanol (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009). Do mesmo modo, em países da União Europeia, a Alemanha destaca-se como maior produtor e consumidor de biodiesel (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009). A União Europeia é apontada como o maior mercado de energia de madeira do mundo, e seu potencial de produção e consumo continua a crescer (ZHANG; GILLESS; STEWART, 2014).

Considerando que Brasil, Suécia e Estados Unidos possuem semelhanças em seus respectivos padrões de adoção de tecnologia energética, no estudo de Hultman et al. (2012), os autores analisaram, por meio de entrevistas, a evolução da bioenergia e a energia nuclear para estes três países e identificaram os fatores determinantes ou influentes na trajetória destas tecnologias no contexto de cada país estudado. Os resultados apontaram os fatores que induziram as transformações da tecnologia, sendo eles: políticas locais, segurança energética, desenvolvimento rural e apoio às indústrias existentes.

Como tentativa de realizar um balanço da disponibilidade de biomassa, alguns trabalhos indicam o uso de algumas ferramentas com diferentes abordagens (HAVLÍK et al., 2011; CUTZ et al., 2016; FERNÁNDEZ, SÁNCHEZ, 2016; HUGUES; ASSOUMOU; MAIZI, 2016; KIM et al., 2018). No estudo de Matzenberger et al. (2015), foram selecionados três modelos para uma comparação detalhada de cenários e seu impacto no comércio de energia. Com um aumento ambicioso na demanda energética, Matzenberger et al. (2015) sugeriu um crescimento no comércio de bioenergia, cerca de 70% entre 2010 e 2030 para combustíveis líquidos e 80% para biomassa sólida.

Angelis-Dimakis et al. (2011), por sua vez, realizaram um levantamento de métodos e ferramentas disponíveis para avaliar a disponibilidade de recursos renováveis. Como desafios, para os métodos e ferramentas aplicáveis à biomassa, relataram a necessidade do desenvolvimento de fatores e equações específicas de estimativa, a avaliação da competição entre conversão de energia e outros usos, e o desenvolvimento de modelos de otimização multicritério. Ademais, para apoiar corretamente a tomada de decisão, os estudos de avaliação da disponibilidade do recurso devem levar em consideração não apenas a atividade das usinas de conversão, mas todo o seu ciclo de vida.

2.1.4 Características energéticas da biomassa florestal

O uso de biomassa florestal para geração de energia é considerado neutro em carbono (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009; DEBONI et al., 2019) quando a produção, a colheita e o transporte são realizados de forma sustentável. Embora a combustão de biomassa resulte em uma variedade de produtos, partículas e gases de combustão similares aos combustíveis fósseis, essa fonte renovável é capaz de sequestrar o CO₂ produzido durante o processo antes de alcançar a atmosfera (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009; HERBERT; KRISHNAN, 2016; BILGILI et al., 2017). Em síntese, ao ser comparada com combustíveis fósseis, a biomassa tem uma combustão limpa (HERBERT; KRISHNAN, 2016). Outras vantagens apontadas em alguns estudos são a disponibilidade contínua de biomassa lignocelulósica em elevada quantidade, o aumento da densidade energética e baixo nível de emissão de gases do efeito estufa (MOHAMMED; MUSTAFA; BASHIR, 2014; BILGILI et al., 2017; BONASSA et al., 2018; TAURO; SERRANO-MEDRANO; MASERA, 2018).

Quando comparada aos combustíveis fósseis convencionais, a biomassa florestal apresenta menor emissão de SO₂, NO_x e fuligem, dado que possui baixo teor de enxofre (BILGEN et al., 2015; HERBERT; KRISHNAN, 2016; BONASSA et al., 2018), nitrogênio e cinzas, é uma fonte de energia renovável, balanço neutro de CO₂, permite a utilização de resíduos, é abundante, apresenta baixo custo e é uma cultura energética de rápido crescimento (BILGEN et al., 2015). Outras comparações a respeito das vantagens do uso de biomassa sobre os combustíveis fósseis foram efetuadas por Herbert e Krishnan (2016), além de apresentarem os impactos ambientais da energia de biomassa.

Atualmente, a biomassa apresenta-se como a única fonte de energia renovável capaz de substituir os combustíveis petrolíferos, assim como reduzir a emissão de CO₂ (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016). Em adição, a incorporação de carbono em produtos duráveis, como artigos de madeira serrada e madeira projetada, permite o sequestro líquido de carbono a longo prazo (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009).

De acordo com as definições levantadas por Deboni et al. (2019) para os tipos de biomassa florestal: a casca é o material externo da madeira que é coletado nas áreas de colheita; o cavaco florestal é o material (pequenos troncos e galhos) que, ainda no local da colheita, passa por um triturador; lascas industriais, aparas de madeira e serragem são materiais do desdobramento da madeira na indústria. Os autores ressaltam ainda que os cavacos industriais apresentam peças de tamanhos maiores e as aparas de madeira e a serragem apresentam

dimensões menores, diferindo uma da outra principalmente porque as aparas de madeira são secas.

Entre as múltiplas fontes de energia, o custo de produção da biomassa é classificado como um dos mais baixos (SILVA et al., 2018). Searchinger, Beringer e Strong (2017) mencionam que estimativas de potencial de bioenergia erram ao contar os benefícios do uso da terra, mas não dos custos. Tratando-se da viabilidade técnica e econômica de um processo de conversão de energia através da biomassa, deve-se considerar: o tipo de biomassa, características químicas e físicas, teor de umidade, porcentagem de cinzas, poder calorífico, densidade; além de aspectos técnicos da colheita e transporte (RODRÍGUEZ-MONROY; MÁRMOL-ACITORES; NILSSON-CIFUENTES, 2018).

A composição química da madeira depende de diversos fatores como espécie, idade, solo, além das condições climáticas e de manejo a que foram submetidas durante o crescimento (SILVA et al., 2018). Deboni et al. (2019) analisou uma série histórica de dados, para o período de 11 anos (2005-2015), da umidade, do valor calorífico e do teor de cinzas da biomassa de uma unidade de co-geração localizada em Lages, estado de Santa Catarina, Brasil. Obteve os dados médios, sendo eles: teor de umidade de 56,60%, valor calorífico líquido de 6612,84 kJ/kg, teor de cinzas variando entre 1,03% e 19,21%, com menores porcentagens para os materiais de serragem (1,03%), aparas de madeira (1,03%) e cavaco (1,67%).

Por outro lado, em sua forma primária, algumas desvantagens estão associadas ao alto teor de umidade, heterogeneidade do material, baixa densidade energética (BILGEN et al., 2015; SCATOLINO et al., 2017, SILVA et al., 2018), altos custos de transporte e alta razão carbono/oxigênio (BILGEN et al., 2015; SILVA et al., 2018). Nas situações em que a combustão é incompleta, ocorre a produção de matéria orgânica, CO e outros gases nocivos, como, por exemplo, a emissão de NO_x, que contribui para a produção de chuva ácida, em razão da combustão em altas temperaturas (RODRÍGUEZ-MONROY; MÁRMOL-ACITORES; NILSSON-CIFUENTES, 2018). Outros aspectos negativos, quando empregada de forma insustentável, são as ameaças às áreas destinadas à conservação, a poluição dos cursos hídricos e a redução da segurança alimentar (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008).

É menos eficiente que a energia produzida a partir de combustíveis fósseis, pois apresenta capacidades térmicas mais baixas (RODRÍGUEZ-MONROY; MÁRMOL-ACITORES; NILSSON-CIFUENTES, 2018). No entanto, alguns tratamentos são utilizados com o intuito de homogeneizar as características físicas da biomassa, como a secagem e

densificação na produção de *pellets* e briquetes¹ (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016). Em relação à madeira, os principais benefícios do uso de *pellets* e briquetes são seu maior poder calorífico volumétrico, baixo teor de umidade, maior estabilidade durante a combustão, disponibilidade imediata de resíduos, manuseio, transporte e armazenamento efetuados facilmente, podendo ser armazenado por longos períodos sem perda significativa de matéria seca, e também um menor custo de biomassa residual (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009; BONASSA et al., 2018).

Scatolino et al. (2018) avaliaram o potencial de resíduos lignocelulósicos variando as proporções da biomassa (cultura da soja, bagaço da cana-de-açúcar e madeira de eucalipto) para a produção de *pellets* com foco na geração de energia térmica. Os autores contataram que o aumento do percentual de serragem de eucalipto nos *pellets* reduziu o teor de cinzas em relação as outras biomassas lignocelulósicas avaliadas. Os resultados encontrados, indicam uma alternativa para o desenvolvimento sustentável de energia renovável, principalmente em áreas próximas às florestas plantadas e com culturas agrícolas. Bonassa et al. (2018) reporta que seu uso como energia alternativa é eficaz no combate às mudanças climáticas, proporcionando uma globalização positiva e a criação de empregos.

De forma semelhante, Stolarski et al. (2013) verificou a possibilidade de produção de briquetes a partir de biomassa agrícola e florestal, bem como a qualidade dos combustíveis produzidos, utilizando a biomassa de palha de colza e bolo de óleo de colza e também serragem de pinheiro. Os briquetes feitos de serragem de pinhos foram de mais alta qualidade. Em relação as matérias-primas, destacou que os briquetes possuem melhores parâmetros de energia, maior densidade, maior valor calorífico e menor teor de umidade.

Conforme Bonassa et al. (2018) o biocarvão ou carvão vegetal, também produzido a partir de resíduos lignocelulósicos, possui baixo potencial para as emissões de gases tóxicos e poluentes, em decorrência das menores concentrações de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e cinzas. O autor descreve que este biocombustível é um produto sólido, rico em carbono e obtido a partir da carbonização da biomassa.

¹ Os *pellets* e os briquetes são peças cilíndricas de menor volume e maior concentração energética produzidas a partir da compactação da serragem de madeira. Os *pellets* são de menor dimensão fabricados sem o uso de material aglutinante. Por outro lado, os briquetes apresentam maior dimensão feitos com uso de aglutinante, como amido, licor negro e piche.

2.1.5 Avaliação do potencial de uso energético de biomassa florestal

2.1.5.1 Oportunidades de expansão

Há um gigantesco e inexplorado potencial para o desenvolvimento da energia de biomassa na grande maioria dos países. A biomassa fornece cerca de 1% da produção global de eletricidade, contudo possui potencial para aumentar significativamente a contribuição para o suprimento global de energia (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009). O uso de resíduos lignocelulósicos para a produção de bioetanol resultará em um aumento da relação de energia renovável por energia fóssil no futuro (ESCOBAR et al., 2009). Estima-se que o potencial uso sustentável da energia de biomassa mundial é de 30%, ou seja, superior ao dobro do nível atual (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009). Por outro lado, Havlík et al. (2011) ressalta que mesmo que os biocombustíveis correspondam cerca de 7,5% da energia total de transporte até 2030, estes somarão apenas um quarto do setor total de bioenergia em nível mundial.

Bilgili et al. (2017) aponta que a bioenergia pode ser a fonte renovável mais proeminente na atualidade e no futuro em termos de viabilidade técnica e econômica, dado que pode melhorar a indústria e aumentar o crescimento econômico. Como exemplo disso, cita o aumento do comércio de biocombustíveis sólidos e líquidos, especialmente na última década. Segundo Cremonez et al. (2015b), o crescimento do comércio está correlacionada ao aumento da segurança energética para suprir a demanda mundial de energia, devido as constantes variações e volatilidade dos preços do petróleo, sendo o setor de transporte o mais impactado. Países da União Europeia, Estados Unidos e os países da América do Sul apresentam algumas vantagens para a produção de biocombustíveis, como: solos ricos em nutrientes, condições climáticas adequadas, disponibilidade de terras e mão de obra barata (CREMONEZ et al., 2015b).

Segundo Miah et al. (2011), os países em desenvolvimento podem se tornar fontes importantes de biomassa para outras partes do mundo. No estudo de Bilgili et al. (2017), que aplicou um modelo econométrico para os Estados Unidos, estes constataram que à medida que o consumo per capita de energia de biomassa aumentar, as emissões de CO₂ per capita cairão e o produto interno bruto (PIB) per capita aumentará.

Sob outras perspectivas, Peidong et al. (2009) propuseram as seguintes medidas para fortalecer e desenvolver o mercado de biomassa nas indústrias de bioenergia: fortalecer a pesquisa estratégica e melhorar a política e o planejamento de desenvolvimento das indústrias; aumentar a contribuição da pesquisa científica e persistir na inovação independente da tecnologia; estabelecer padrão de qualidade do produto e melhorar o sistema padrão da

indústria; e abrir mercados e promover a indústria orientada para o mercado.

Para que seja uma fonte alternativa aos combustíveis fósseis, é importante que não se tenha uma concorrência entre a biomassa e os usos tradicionais, além da elevada disponibilidade e colheita efetuada de maneira sustentável (VOGT et al., 2009). A disponibilidade de terras e o rendimento das culturas são fatores determinantes para o potencial de bioenergia (BATIDZIRAI; SMEETS; FAAIJ, 2012). Desse modo, é necessário definir uma fração de terras agrícolas que poderiam ser usadas para a produção de biocombustíveis (ESCOBAR et al., 2009), por meio da criação de mecanismos de certificação ou um selo ecológico que condicionem os limites ao uso da terra direcionados aos biocombustíveis (ESCOBAR et al., 2009; KLINE et al., 2015) ou ainda, a criação e o estabelecimento de políticas reguladoras, considerando as possibilidades de cada país, que garantam o controle da terra destinada à produção de biocombustíveis e sua origem (ESCOBAR et al., 2009), tendo em vista que o desmatamento é impulsionando pelo aumento da produção de alimentos e bioenergia (HAVLÍK et al., 2011). As políticas públicas implementadas devem garantir que a remoção de resíduos seja realizada de maneira sustentável (GREGG; SMITH, 2010), dado que o desmatamento e o padrão de uso da terra contribuem para 15% da emissão de carbono por ano (HERBERT; KRISHNAN, 2016).

Os danos ambientais e sociais relacionados a produção de biomassa em larga escala, podem ser mitigados por meio de mecanismos como legislações e normas (HERBERT; KRISHNAN, 2016). Por outro lado, as matérias-primas de biomassa de segunda geração apresentam-se como uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis, dado que não são culturas alimentares e, consequentemente não competem com os alimentos (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016). As florestas são outro exemplo que normalmente não competem com a produção de alimentos (VOGT et al., 2009). Tornar os biocombustíveis de segunda geração como uma opção sustentável significaria que as matérias-primas não competem com a produção de alimentos (HAVLÍK et al., 2011). A floresta é uma importante fonte de biomassa que tem o potencial de contribuir substancialmente para os recursos de biocombustíveis de uma nação (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016).

A utilização de biomassa residual como fonte de energia tem potencial nas regiões em desenvolvimento do mundo, incluindo China, América Latina, Sudeste Asiático e Índia (GREGG; SMITH, 2010). A biomassa lignocelulósica é promissora e abundante em todo o mundo, podendo ser utilizada para produzir etanol sem a necessidade de terrenos ou interferências adicionais na produção de alimentos e forragens (ZABED et al., 2017). O estudo de Miah et al. (2011) confirma que a biomassa florestal é uma importante fonte de matéria

prima a ser desenvolvida para a bioenergia, devido ao potencial para produzir biomassa florestal em áreas florestais em branco, invadidas ou outras degradadas e em propriedades rurais.

No trabalho de Hultman et al. (2012), que contou com a participação de 13 entrevistados, estes consideraram que três grupos de fatores são absolutamente essenciais para a difusão da tecnologia de bioenergia: indústrias complementares (100%) dentro das características do setor; estratégia nacional (77%) nas políticas domésticas; e política internacional (100%) na política internacional e relações exteriores.

De acordo com Stolarski et al. (2013), na União Europeia, é crescente o consumo de *pellets* para a produção de energia, resultando em um aumento na demanda por grandes quantidades de biomassa uniforme. Nos custos de produção de briquetes, avaliados pelos autores, este foi determinado principalmente pelo preço da matéria-prima. Desse modo, existe a oportunidade de mercado para novas matérias-primas de boa qualidade, baixo custo e com suprimento estável tendo em vista a forte concorrência de grandes fábricas produtoras de *pellets*.

Heinimö e Junginger (2009) analisaram o panorama mundial dos *pellets* de madeira. O maior exportador é o Canadá, seguido pelos Estados Bálticos, a Finlândia e estados da Europa Oriental. Enquanto a Suécia destaca-se pela importação, com países como Bélgica, Dinamarca, Holanda, Suécia, Reino Unido e Itália em ascensão. Com relação ao desenvolvimento futuro do comércio deste produto, acreditam que o Canadá possui oportunidades para aumentar ainda mais suas exportações de *pellets*. No entanto, países da Europa Oriental, como Polônia, Bielorrússia e Rússia, apresentam um enorme potencial de recursos, que pode ser desenvolvido.

2.1.5.2 Fatores limitantes

O estudo de Angelis-Dimakis et al. (2011) permitiu constatar que nenhuma das fontes estudadas (energia solar, eólica, marítima, biomassa e geotérmica) supriria a crescente demanda de energia, mesmo em pequenas áreas isoladas do mundo, fazendo-se necessário a integração de diferentes recursos. Heinimö e Junginger (2009) também relataram que o potencial de produção de biomassa não será suficiente para atender demandas regionais ou nacionais, como por exemplo os países industrializados membros da União Europeia, Estados Unidos e Japão. Por outro lado, os autores também indicaram que muitas regiões da África Subsaariana e da América Latina apresentam potencial de produção que excede a demanda local.

Para Roberts et al. (2015) existe um consenso sobre o potencial de desenvolvimento do setor de biomassa, porém as estimativas de contribuição da biomassa no futuro mercado global

de energia variam significativamente dependendo da literatura consultada. O potencial de produção de energia a partir de biomassa é considerado promissor, porém, suficiente apenas para reduzir um pequeno percentual do uso de combustíveis fósseis (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008). Heinimö e Junginger (2009) indicaram que a determinação de volumes de comércio internacional de biocombustíveis sólidos e líquidos é difícil por inúmeras razões, como: muitos fluxos de biomassa são comercializados para fins materiais, mas acabam na produção de energia; os fluxos de biomassa podem ter várias aplicações finais; alguns combustíveis de biomassa são registrados de forma agregada pelas estatísticas do comércio exterior (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009).

Miah et al. (2011) destacam que os obstáculos atrelados ao desenvolvimento de energia de biomassa podem ser categorizados como técnicos, financeiros, institucionais e relacionados às políticas. Para esses autores, algumas dessas dificuldades são problemas compartilhados pelas indústrias de bioenergia, como o fornecimento instável de matéria-prima, densidade da biomassa relativamente baixa em comparação aos combustíveis fósseis e dificuldades em garantir financiamento suficiente.

Atualmente, os principais desafios relacionados ao uso de lenha para energia em países em desenvolvimento, onde há o predomínio de famílias de baixa renda, são o elevado custo inicial da tecnologia, a distribuição geográfica dos domicílios e a infraestrutura da logística de fornecimento de biomassa (CUTZ et al., 2016). Tem-se ainda, outras dificuldades a serem enfrentados pelos formuladores de políticas públicas devido a demanda concorrente por terra, água e energia, sobretudo no que se refere à obtenção de segurança alimentar global (TIMKO et al., 2018). Para Gregg e Smith (2010), a principal incerteza nos cenários políticos são os fundamentos sobre os requisitos de retenção de resíduos e a produtividade agrícola futura.

Os resíduos agrícolas são uma fonte potencial de energia no Brasil devido ao amplo território, produção de vários grãos e acesso a outros insumos potenciais (BONASSA et al., 2018). Roni et al. (2017) destacam que apesar da elevada quantidade destes resíduos no país, as principais regiões produtoras encontram-se distantes das usinas de carvão existentes. Desse modo, uma possível solução para contornar este problema seria a construção de centrais elétricas dedicadas à biomassa em regiões produtoras de grande quantidade de resíduos agrícolas.

Kline et al. (2015) abordam as experiências sobre conflitos entre a produção de bioenergia e a biodiversidade no Canadá, Estados Unidos e Brasil, apresentando os benefícios que podem ser obtidos com a implantação de políticas voltadas à bioenergia. Por outro lado, Hugues, Assoumou e Maizi (2016), concluíram que a viabilidade econômica de projetos de

biocombustíveis depende de outros instrumentos de apoio às políticas, dado que o mercado de carbono não fornece incentivo suficiente atualmente. Escobar et al. (2009) cita que a Análise do Ciclo de Vida (ACV) e os indicadores de sustentabilidade são importantes ferramentas de apoio para a tomada de decisão quanto aos programas de produção de biocombustíveis. Outros autores como Yan e Lin (2009) também aplicaram a ACV para avaliação da produção de biocombustíveis.

Os resíduos de colheita podem produzir energia por meio de diferentes processos de conversão de biomassa sem competir com o uso de terras destinadas à produção de alimentos (CREMONEZ et al., 2015a; TAURO; SERRANO-MEDRANO; MASERA, 2018). Em cenários mais otimistas, considerando o apresentado pelos autores Heinimö e Junginger (2009), a biomassa atenderia mais que a atual demanda global de energia, sem competir com a produção de madeira, a produção florestal e a biodiversidade. Portanto, é fundamental identificar os riscos e oportunidades nesta área (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008), havendo um equilíbrio sustentável entre a aplicação das culturas para fins alimentares e energéticos (SILVA et al., 2018).

Mesmo abastecendo uma infinidade de demandas, as florestas plantadas estão ameaçadas em razão das mudanças do uso da terra e a intensificação de monoculturas em área com alta produtividade, ou seja, podem ser cultivadas em terras marginais ou degradadas, não competindo diretamente com as terras designadas ao plantio de culturas alimentares. Além disso, no estudo de Wit, Junginger e Faaij (2013), comparando o álamo italiano, eucalipto brasileiro e salgueiro sueco, os autores constataram que o eucalipto é produzido com custos mais baixos.

Sikkema et al. (2014) investigou os impactos quantitativos dos princípios da Parceria de Biomassa Sustentável (PBS) para a biomassa florestal apenas para energia para Finlândia e Rússia, e concluiu que a legislação florestal e os sistemas de certificação atuais não são totalmente projetados para biomassa florestal para uso de energia em um futuro próximo. Van Dam et al. (2008) fizeram uma revisão abrangente de iniciativas sobre certificação de biomassa e constataram que muitos países estão promovendo a produção de biocombustíveis, o uso de biomassa e energias renováveis, porém, poucos tomaram iniciativas para desenvolver um sistema de certificação de biomassa ou princípios e critérios para estabelecer um comércio sustentável de biomassa.

A competição entre biomassa por energia e outras aplicações concorrentes, como alimentos, alimentos para animais e biomateriais, é analisada superficialmente na maioria dos estudos e as projeções populacionais, renda, demanda por alimentos, produtividade de culturas,

qualidade da terra e manejo agrícola não são discutidas explicitamente (BATIDZIRAI; SMEETS; FAAIJ, 2012). Além disso, ao avaliar o impacto dos biocombustíveis na segurança alimentar é importante diferenciar as matérias primas produzidas a partir de cereais e plantas de cana-de-açúcar ou oleaginosas que não são consideradas apropriadas para o consumo humano (ESCOBAR et al., 2009). O desenvolvimento e implantação de tecnologias aplicadas à produção de biocombustíveis de segunda geração está atrelada à possibilidade de utilização de outros produtos a partir de materiais vegetais não comestíveis, como os resíduos florestais (YAN; LIN, 2009). O uso de matérias-primas de segunda e terceira geração auxilia no aperfeiçoamento do desempenho geral de uma biorrefinaria, evitando a necessidade de outras fontes naturais, que podem causar danos à preservação (MONCADA; ARISTIZÁBAL; CARDONA, 2016). A capacidade de utilizar resíduos de distintas fontes alternadamente, auxiliaria no amortecimento das variações locais de suprimento (GREGG; SMITH, 2010).

Alguns critérios como: custo, disponibilidade, qualidade e questões socioambientais devem ser analisados quanto a escolha de fontes de energia renovável para compor a matriz energética (SILVA et al., 2018). Ademais, a quantidade de biomassa utilizada depende dos custos de colheita e processamento de resíduos, dos custos das tecnologias energéticas concorrentes e de incentivos ambientais (GREGG; SMITH, 2010). Observa-se a necessidade de encontrar usos economicamente viáveis, dados os elevados custos de colheita e transporte, além de mercados limitados para este material (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009). Destaca-se que os custos de colheita e transporte da biomassa são influenciados pelo terreno e pela área de superfície (FERNÁNDEZ, SÁNCHEZ, 2016). No trabalho de Wit, Junginger e Faaij (2013), foi analisado que os níveis mínimos de custos de produção podem ser alcançados entre uma e duas décadas, considerando as taxas de crescimento de produção assumidas para a biomassa florestal. Considerando as externalidades ambientais nos custos de produção, as fontes de biomassa podem ser mais eficazes quando correlacionada as fontes fósseis (BILGILI et al., 2017).

Em conformidade com Meyer et al. (2014) que desenvolveu uma revisão bibliográfica dos métodos e modelos de otimização focados nas decisões associadas ao design e gerenciamento de cadeias de suprimentos (CS) de biomassa para a bioenergia, os autores salientaram que a otimização da cadeia de suprimentos da biomassa é fundamental para superar barreiras e incertezas, além de aprimorar o desenvolvimento de um mercado competitivo. An, Wilhelm e Searcy (2011) também desenvolveram uma revisão bibliográfica de pesquisas sobre a cadeia de suprimentos de biocombustíveis.

Kline et al. (2015) mencionam a necessidade de investigações quanto a compatibilidade

da biodiversidade e da bioenergia. Os efeitos adversos da matéria-prima de biomassa de primeira geração sobre os preços globais de alimentos estão movendo pesquisas sobre o uso de recursos de biomassa lignocelulósica (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016). Os autores Wang, Wei e Brown (2017), que produziram uma análise bibliométrica global sobre o desenvolvimento de sistemas de energia de baixo carbono, demonstraram que a área de pesquisa “energia e combustível” representa a maior parcela, seguida por “ciência ambiental” e “engenharia química”. A pesquisa associada à energia renovável vem aumentando desde 2005. Durante o período analisado (1990 a 2016), os Estados Unidos respondem por 22,33% das publicações mundiais, seguido pela China (13,19%). Com maiores ocorrências de estudos de biomassa, seguidos por energia solar e eólica, os Estados Unidos e o Reino Unido produziram o maior número de publicações relacionadas à biomassa. Dentre as constatações obtidas por este estudo, mencionou-se, em virtude do rápido aumento nos resultados de 2005 a 2015, que os países em desenvolvimento estão começando a levantar a preocupação de adaptação às mudanças climáticas e proteção ambiental.

2.1.6 Cenário atual das políticas de incentivo

Acredita-se que um dos modos para alcançar a segurança energética seja o desenvolvimento de políticas públicas e tecnologias voltadas à produção de energia renovável, sobretudo àquelas que promovam a expansão da produção dos biocombustíveis (YAN; LIN, 2009; HUGUES; ASSOUMOU; MAIZI, 2016), viabilizando a segurança do fornecimento de energia, a criação de empregos sustentáveis e rurais e a redução das emissões de gases do efeito estufa (HUGUES; ASSOUMOU; MAIZI, 2016). Novas tecnologias para obtenção de biocombustíveis estão sendo analisadas com o intuito de melhorar o desempenho e aumentar a eficiência energética da queima (BONASSA et al., 2018).

Segundo Nicholls, Monserud e Dykstra (2009), as políticas nacionais de energia são essenciais para a adoção de novas tecnologias de bioenergia, como no uso total de biocombustíveis. Desse modo, a destinação de recursos para a pesquisa e desenvolvimento (ESCOBAR et al., 2009; HERBERT; KRISHNAN, 2016; BILGILI et al., 2017), bem como às políticas de incentivo, são indispensáveis para que ocorram avanços comerciais para biocombustíveis e outras fontes de energia renovável, assim como a competição de fontes de biomassa com combustíveis fósseis (BILGILI et al., 2017). Cutz et al. (2016) apontam como fundamentais as políticas que promovam o uso de recursos locais, a implantação de tecnologias de biomassa, a criação de um mercado bem definido de biomassa e o apoio à pesquisa

sobre processos de conversão de biomassa.

A maior competitividade de fontes alternativas de energia poderá ser alcançada com a existência de um mercado de carbono com preço compatível com seu impacto ambiental, aumentando o custo da energia térmica gerada a partir de combustíveis fósseis (DANTAS et al., 2017). Os autores Havlík et al. (2011) recomendam uma ação política focada diretamente nos efeitos positivos e negativos, ambientais e sociais relacionados à produção de biocombustíveis, e não na produção de biocombustíveis.

Gan e Yu (2008) apresentaram seis recomendações de políticas para a China e outros países em desenvolvimento: desenvolvimento de esquemas financeiros; imposto preferencial e imposto sobre carbono; reforma da política regulatória; suporte à indústria de serviços; pesquisa de mercado, treinamento e capacitação para as principais partes interessadas; desenvolvimento de metodologias e padrões para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (*Clean Development Mechanism - CDM*).

Países como Finlândia, Suécia e Áustria receberam políticas e medidas de apoio para promover a bioenergia (BILGEN et al., 2015). Ademais, os cenários de cinco países europeus pertencentes ao estudo de Bilgili et al. (2017), indicam que a maior redução de emissões de gases do efeito estufa ocorrerão na Suécia e na Finlândia. Segundo Nicholls, Monserud e Dykstra (2009), na Suécia, os altos impostos aplicados sobre os combustíveis fósseis vem tornando os biocombustíveis mais competitivos, buscando diversificar os tipos de combustíveis incluindo briquetes, *pellets*, pó e aparas.

Em alguns países, observou-se o desenvolvimento de programas e a formulação de legislações para a promoção de energias renováveis. A política e os regulamentos que promovem a produção de bioenergia estão descritos a seguir. Autores como Miah et al. (2011), Yang et al. (2013) e Mahesh e Shoba Jasmin (2013) citaram o MDL em seus estudos. Miah et al. (2011) aponta que em Bangladesh o governo promulgou em 2008 o projeto da Política Nacional de Energia e a Política de Energia Renovável, que possuem o objetivo de promover energia limpa para o MDL.

Na China, no final de 2011, a Administração Florestal Estatal da China (SFA) lançou o Plano Nacional de Desenvolvimento de Bioenergia (2011-2020) para promover a bioenergia baseada em florestas, objetivando que a bioenergia florestal represente 3% da energia renovável, ou seja, 0,45% da energia primária total até 2020 (YANG et al., 2013). A China, é um dos maiores consumidores de energia do mundo e também o segundo maior emissor de gases do efeito estufa (PEIDONG et al., 2009). No país, o recurso de energia renovável mais abundante é a biomassa (GAN; YU, 2008), com perspectiva de suprimento promissora,

destacam-se alguns pontos fracos como a escassez de suprimento de matéria-prima, elevados custos de produção e equipamentos atrasados (PEIDONG et al., 2009).

Em conformidade com Nicholls, Monserud e Dykstra (2009), a Finlândia possui o Plano de Ação Finlandês para Fontes de Energia Renovável com o intuito de aumentar o uso de energia renovável, desenvolveu tecnologias avançadas de *pellets*, sistemas de aquecimento urbano e técnicas de colheita objetivando a utilização da árvore inteira. Enquanto a Holanda tem explorado a co-queima de biomassa com carvão e oferece apoio, desde 1996, à energia renovável através de três instrumentos fiscais: fundos verdes, créditos tributários e imposto sobre energia. Para Herbert e Krishnan (2016), a co-queima de biomassa com carvão será uma importante opção para alcançar reduções de emissões a curto prazo. Roni et al. (2017) revisou as principais políticas que promoveram a co-queima de biomassa em todo o mundo e investigou as centrais de co-combustão existentes, as tecnologias e a disponibilidade de recursos de biomassa em diversos países do mundo.

Para a Índia, Mahesh e Shoba Jasmin (2013) indicaram que medidas políticas como a depreciação acelerada, tarifa de alimentação, incentivos à geração, obrigações de compra renovável e certificados de energia renovável auxiliaram no acelerado crescimento da implantação de energia renovável. Destarte, as empresas que investem nessas tecnologias são elegíveis para incentivos fiscais, isenção de impostos e subsídio de depreciação, além dos retornos remuneratórios da energia fornecida à rede.

Nos Estados Unidos tem-se o Plano Nacional de Ação para Biocombustíveis, que abrange toda a cadeia do processo produtivo (YAN; LIN, 2009). O consumo de energia de biomassa pode ser uma ferramenta política eficiente para o desenvolvimento ambientalmente sustentável no país e que, portanto, para a produção de biomassa, tecnologias e consumo de biomassa precisam ser promovidas em outros países e também nos Estados Unidos (BILGILI et al., 2017). Ressalta-se que o principal objetivo das políticas públicas neste país é a substituição de óleo por biocombustíveis (BILGILI et al., 2017). Assim, as políticas desenvolvidas na União Europeia e nos Estados Unidos, com o propósito de estimular o uso de biocombustíveis e o preço do petróleo, sugerem um aumento contínuo, em um futuro próximo, do comércio de biocombustíveis (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009).

No estudo realizado em cinco estados do oeste dos Estados Unidos, a respeito do potencial de conversão de biomassa em metanol, Vogt et al. (2009) indicaram que a produção de metanol se constitui em uma interessante alternativa, tendo em vista que menos carbono é emitido durante sua fabricação, além de dispersar menores recursos financeiros para a sua produção. Stidham e Simon-Brown (2011) revelaram um considerável interesse do estado de

Oregon, localizado no oeste dos Estados Unidos, para produzir energia a partir de biomassa florestal e por meio de entrevistas semiestruturadas para explorar o contexto social da conversão de biomassa florestal em energia. Para este estado, os autores observaram que existe um grande apoio a projetos de utilização de biomassa florestal em conjunto com tratamentos de restauração ambiental, auxiliando nos problemas de manejo florestais como os indesejáveis riscos relacionados aos danos por incêndios ou insetos.

Na América Central, devido à política energética fraca, instituições de baixa qualidade e falta de investimento, os recursos provenientes de biomassa nunca foram totalmente explorados e o desenvolvimento do setor permaneceu apenas em estudos. Embora a América Central possua recursos limitados de combustíveis, a região possui potencial significativo de recursos de biomassa lignocelulósica, indicando que pode se tornar a principal fonte de energia limpa no futuro (CUTZ et al., 2016). Ainda que o potencial de suprimento de biomassa no México seja pouco quantificado, existe o potencial de substituir, em residências urbanas, os aquecedores de água de gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural (GN) por biocombustíveis sólidos, preferencialmente por *pellets* ou aparas de madeira. Neste sentido, as barreiras técnicas, econômicas e políticas precisam ser superadas para promover o uso em larga escala dos biocombustíveis sólidos no país, aproveitando as oportunidades no setor residencial e nas pequenas indústrias (TAURO; SERRANO-MEDRANO; MASERA, 2018).

Baseando-se em dados estatísticos e geográficos, bem como perspectivas oficiais, Rios e Kaltschmitt (2013) estudaram o potencial atual e futuro de biomassa sustentável para a produção de energia do México, considerando diferentes tipos de biomassa como: estrume de animais, água residuais de matadouros, resíduos de aterros sanitários, águas residuais municipais e industriais, resíduos agrícolas, resíduos de florestas e arbustos nativos, resíduos da indústria de processamento de madeira e cultura energéticas em terras marginais. Ben-Iwo, Manovic e Longhurst (2016) também estudaram outras fontes de biomassa: culturas energéticas, resíduos de culturas agrícolas, recursos florestais, resíduos urbanos e outros.

Na América do Sul, entre as energias renováveis, destacam-se os biocombustíveis, os quais são representados principalmente por etanol e biodiesel. Brasil e Argentina lideram o cenário e as perspectivas desses biocombustíveis na América do Sul, enquanto países como Peru e Uruguai buscam alternativas para suprir as demandas, através de legislações que estimulem o uso de biocombustíveis na matriz energética (CREMONEZ et al., 2015b).

No Brasil, o principal produtor mundial de bioetanol a partir da cana-de-açúcar seguido pelos Estados Unidos (ESCOBAR et al., 2009), criou-se em 23 de setembro de 1938, a Lei nº 737, e subsequentemente a Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que determina a mistura

obrigatória de etanol (álcool anidro) na gasolina (NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009; CREMONEZ et al., 2015a, 2015b) e também o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), lançado em 2004 com o objetivo de tornar a produção de biodiesel uma ferramenta de inclusão familiar social na agricultura familiar. Esse programa foi apontado por Nicholls, Monserud e Dykstra (2009) como um dos principais exemplos de sucesso econômico de longo prazo em energia renovável. Para este país, as regiões com maior produção mensal de biodiesel no país são o Centro-Oeste e o Sul (CREMONEZ et al., 2015a).

Em 22 de dezembro de 2011, preocupado com as emissões, o Conselho Nacional do Meio Ambiente do Brasil estabeleceu os limites máximos de poluentes do ar na Resolução nº 436 (BONASSA et al., 2018). Criou-se ainda, no final de 2013, a Associação Brasileira do Biogás (ABiogás) que estuda uma proposta de política nacional para o setor e caso aprovada, abrirá muitas oportunidades de desenvolvimento, consolidando a tecnologia de uso de biogás para a geração de energia no país (FERREIRA et al., 2018).

Para o Brasil, os autores Ferreira et al. (2018) trouxeram em seu estudo a Resolução Normativa nº 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que tornou-se válida em 17 de abril de 2012 e foi posteriormente modificada pela Resolução Normativa nº 687/2015. Estas resoluções estabeleceram que o consumidor brasileiro pode gerar eletricidade para consumo próprio a partir de fontes renováveis e também fornecer o excedente para outros consumidores.

Wit, Junginger e Faaij (2013) comentam que a expansão dos plantios de eucalipto no Brasil foi estimulada pelo Programa de Incentivos Fiscais ao Florestamento e Reflorestamento (PIFFR), lançado em 1966, que teve o intuito de garantir o suprimento florestal nas próximas décadas para a produção de carvão vegetal, papel e celulose. Os autores sugerem que dois programas nacionais poderiam aumentar a produção de eucalipto nos próximos anos: um programa de reflorestamento destinado ao suprimento florestal e outro visando a substituição de combustíveis fósseis por produtos florestais.

Heinimö e Junginger (2009) indicam três fatores que estão estimulando o crescimento da indústria de cana-de-açúcar no Brasil, sendo eles: a alta demanda por açúcar no mercado doméstico e internacional, o aumento das exportações de bioetanol e as melhorias contínuas na produtividade. Para Silva et al. (2018), a consolidação do uso de fontes de biomassa na produção primária de energia no Brasil, depende da criação de políticas pelo Ministério de Minas e Energia do Brasil (MME) e pela ANEEL criem políticas públicas que incentivem esta aplicação.

No Chile instituiu-se a Lei nº 20.257/2008 para estimular a utilização de energias

renováveis não convencionais e possui os recursos necessários para desenvolver sistemas hidráulicos, solares, geotérmicos, eólicos e de biomassa e, portanto, facilitar a diversificação de energia do país. Embora o Chile apresente um alto potencial para o desenvolvimento e a produção de energia usando biocombustíveis sólidos e gasosos, há uma baixa parcela de geração de energia a partir de biomassa, além de uma escassez de projetos futuros, tanto em magnitude quanto em número (RODRÍGUEZ-MONROY; MÁRMOL-ACITORES; NILSSON-CIFUENTES, 2018).

Na Argentina criou-se os programas PERMER (Projeto de Energia Renovável em Mercados Rurais), GENREN (Leilão de Geração de Eletricidade a partir de Fontes Renováveis) e o mais recente, o PROBIOMASA (Projeto de Promoção da Energia da Biomassa), criado em 2013 com a finalidade de impulsionar a produção, o manejo e o uso sustentável da biomassa para fins energéticos (ROBERTS et al., 2015). Possuem ainda, a Lei n° 26.190 que propôs a participação de 8% de energias renováveis na matriz energética até 2015 (CREMONEZ et al., 2015b).

2.1.7 Perspectiva da utilização de biomassa florestal

Os combustíveis fósseis dominam a economia energética mundial, cobrindo mais de 80% do suprimento total de energia primária (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009) e continuarão a desempenhar um papel importante na geração de energia, no entanto, as fontes renováveis aumentarão a sua participação no mercado (BILGEN et al., 2015). Acredita-se que a demanda por energia cresça mais de 50% até 2025 e para 2030-2050 estima-se que os combustíveis fósseis fornecerão cerca de 75% da demanda futura de energia (PLEGUEZUELO et al., 2014). Para o período até 2030, prevê-se que o consumo mundial de energia aumente em 40% (BILGEN et al., 2015).

Em todo o mundo, os países estão investindo em tecnologias de biomassa para obter a segurança energética e reduzir suas emissões de combustíveis fósseis e seus problemas relacionados (MAHESH; SHOBA JASMIN, 2013). Projeções de demanda, como para uso primário de biomassa em todo o mundo, sugerem que a biomassa desempenhará um papel maior no fornecimento de energia renovável. Inicialmente grande parte da demanda extra pode ser coberta por resíduos orgânicos, resíduos agrícolas e biomassa florestal, mas a produção destas fontes deve aumentar gradualmente para acompanhar a demanda (WIT; JUNGINGER; FAAIJ, 2013). A energia da madeira é a fonte mais importante de bioenergia no mundo (TIMKO et al., 2018) e existe uma previsão do aumento de 7% ao ano na energia elétrica gerada a partir da

madeira e outras biomassas (ZHANG; GILLESS; STEWART, 2014). Pressupõe-se que a produção de biomassa florestal deverá dobrar na Europa em 2030, com Alemanha, Rússia e França como principais produtores (MATZENBERGER et al., 2015).

A estimativa da contribuição global da energia de biomassa depende de dois parâmetros, estes fundamentais para o aumento da produção de recursos de biomassa: a disponibilidade de terras e a produção de culturas energéticas (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009; NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009). No estudo de Heinimö e Junginger (2009), ficou claro que as estatísticas do comércio global de bioenergia geralmente não encontram-se disponíveis e os números são estimados indiretamente ou com base em opiniões de especialistas.

Hurmekoski e Hetemäki (2013) avaliaram as abordagens para estudos de prospecção do setor florestal e verificaram a necessidade crescente de desenvolvê-los para constatar as mudanças estruturais que estão ocorrendo e as que ocorrerão em longo prazo, de modo que os resultados sejam confiáveis. Os autores ainda destacaram o interesse dos formuladores de políticas em antecipar e se preparar para as novas questões que possivelmente surgirão em anos seguintes, devido a crescente importância do setor florestal. Heinimö e Junginger (2009) recomendam aumentar os esforços para coletar e publicar estatísticas coerentes do comércio de bioenergia.

As projeções de uso futuro de energia e energia renovável, levando-se em consideração também a legislação sobre mudança climática, sugerem um aumento do uso de energia a partir de biomassa florestal e agrícola nas próximas décadas (BILGEN et al., 2015). O maior potencial de produção de biomassa será de plantações de energia em larga escala em áreas com clima favorável para maximizar a produção de biomassa (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009). Timko et al. (2018) mencionam que as florestas têm um importante papel a desempenhar para o sucesso da Agenda 2030, o que exigirá prioridades explícitas para abordar as principais compensações e integrar com outros Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (*Sustainable Development Goals – SDGs*).

O estudo de Kim et al. (2018) fornece uma perspectiva global, demonstrando como o aumento da potencial demanda de biomassa florestal em uma ou várias regiões pode alterar as futuras tendências de manejo florestal, mercados e sequestro de carbono nas principais regiões de suprimento de madeira. Os resultados indicam que o potencial crescimento a curto prazo (2015-2030) nos Estados Unidos, Europa e outros lugares pode impulsionar o investimento de recursos florestais.

Apesar da matriz energética mundial ainda ser fortemente baseada em combustíveis não-renováveis (FERREIRA et al., 2018), os acordos internacionais sobre o clima estão

estimulando o desenvolvimento da bioenergia (HEINIMÖ; JUNGINGER, 2009). Observa-se o contínuo desenvolvimento das tecnologias empregadas na produção de biomassa (BILGILI et al., 2017), com diferentes processos de transformação (BILGILI et al., 2017; ZABED et al., 2017), sejam eles termoquímicos e bioquímicos ou biológicos. Essa fonte pode ser convertida em energia térmica, elétrica, biogás e combustíveis de segunda geração para utilização no transporte, aquecimento e geração de eletricidade (HAVLÍK et al., 2011; BILGEN et al., 2015; ROBERTS et al., 2015; BILGILI et al., 2017). A escolha do processo de conversão dependerá das especificações e disponibilidade de biomassa, do desenvolvimento de tecnologias industriais, da forma de energia desejada, dos regulamentos ambientais e das condições econômicas (BONASSA et al., 2018).

Observa-se uma crescente concorrência entre a indústria de energia e a indústria florestal tradicional de fibras de madeiras (celuloses e painéis construídos) (WIT; JUNGINGER; FAAIJ, 2013). No entanto, o aumento da participação da energia de biomassa no sistema energético global depende do investimento de novas tecnologias de conversão, melhorias nos processos existentes para maior eficiência (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008; NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009) e perspectivas de novas fontes de biomassa (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008; NICHOLLS; MONSERUD; DYKSTRA, 2009). Para seleção e desenvolvimento de tecnologias mais adequadas, indica-se a análise de alguns parâmetros como o econômico, a sustentabilidade, a admissibilidade social e a qualidade do processo tecnológico (BILGEN et al., 2015).

Se os recursos disponíveis forem utilizados de maneira sustentável, a biomassa pode desempenhar um importante papel na produção de energia (HERBERT; KRISHNAN, 2016). Para Yang et al. (2013), a bioenergia florestal encontra-se em estágio inicial, contudo há uma tendência de crescimento de fornecimento de matéria-prima na próxima década devido a disponibilidade de recursos e ao forte apoio do governo. Havlík et al. (2011) menciona em seu estudo que em todo o setor de biomassa existe a necessidade de melhorias tecnológicas que provavelmente seriam suficientes para fornecer a bioenergia de madeira necessária para produzir biocombustíveis de segunda geração. Segundo a definição dada por Moncada, Aristizábal e Cardona (2016), as biorrefinarias podem ser classificadas em primeira, segunda e terceira geração, e nada mais são que sistemas complexos, onde a biomassa de fonte de base biológica é processada ou fracionada para obter mais de um produto.

Em razão da taxa de crescimento de 5% ao ano até 2030 no setor aéreo brasileiro e da demanda por combustível de aviação (6% da produção de refinarias de petróleo), Cremonez et al. (2015b) discutiram o cenário atual e as perspectivas para o uso de biocombustíveis de

aviação no Brasil concluindo que, apesar de o país possuir extensas áreas de terras agrícolas e diversas oleaginosas com potencial para produção de biocombustíveis, a alta demanda do consumo de biodiesel adicionado ao óleo diesel na frota de veículos brasileira compromete o uso desses materiais para outros fins energéticos.

Destaca-se que o desempenho econômico dos países no futuro depende da compra de energia limpa, segura, acessível e ecológica (BILGILI et al., 2017). Em um futuro próximo, as fontes de biomassa desempenharão um papel importante no atendimento à demanda de energia do mundo (BILGILI et al., 2017). O potencial uso futuro de biocombustíveis serão, em sua maior parte, produzidos a partir de biomassa lignocelulósica de florestas e plantações dedicadas (WIT; JUNGINGER; FAAIJ, 2013). Neste sentido, Bilgili et al. (2017) apresentou em seu estudo, que até 2022, os Estados Unidos produzirão 136 bilhões de litros de combustíveis renováveis e cerca de 79 bilhões de litros dessa produção serão etanol celulósico. Bringezu, O'Brien e Schütz (2012) acreditam que o uso crescente de produtos florestais para fins de bioenergia e materiais também pode enfrentar limites de oferta sustentável global.

Na Turquia a biomassa é uma das mais importantes fontes de energia renovável em termos de potencial energético (BILGEN et al., 2015). Países como Brasil e Nigéria têm recursos naturais significativos para produzir biocombustíveis e bioproductos de transporte a partir de biomassa (BEN-IWO; MANOVIC; LONGHURST, 2016). Em termos de bioenergia para calor e energia, os Estados Unidos e o Canadá são os principais fabricantes mundiais de *pellets* de madeira (KLINE et al., 2015). Para o Brasil, além das outras principais culturas como cana-de-açúcar, soja e palma, citam o eucalipto com um potencial futuro de matéria-prima de energia na forma de aparas ou *pellets* de madeira (KLINE et al., 2015). Estima-se que, além do uso da biomassa da cana-de-açúcar no país, haverá um investimento significativo no uso da biomassa florestal, notadamente o eucalipto, como insumo para a geração de eletricidade (DANTAS et al., 2017).

A Índia possui potencial de recursos de biomassa para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e produzir energia elétrica e térmica, além de contribuir para o desenvolvimento social e econômico (HERBERT; KRISHNAN, 2016). Apesar da elevada disponibilidade de biomassa lenhosa, o setor ainda enfrenta desafios de fornecimento e incerteza sobre os preços futuros da matéria-prima (MAHESH; SHOBA JASMIN, 2013).

Nos últimos 50 anos, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumentou 30%, havendo ainda um significativo aumento de outros gases do efeito estufa. A emissão de CO₂ na atmosfera pode ser reduzida pelo uso de resíduos de madeira seca como combustível, madeira para construção e cogeração (eletricidade e calor) por biomassa (HERBERT;

KRISHNAN, 2016). De acordo com Nicholls, Monserud e Dykstra (2009), a mitigação do aquecimento global baseada em biomassa florestal pode ocorrer por meio dessas três estratégias: conservação das florestas existentes para evitar emissões relacionadas à remoção de florestas; aumentar a capacidade de absorção de carbono da floresta através de alterativas de manejo florestal empregadas para aumentar a biomassa e a substituição de produtos biológicos sustentáveis no lugar de combustíveis fósseis e produtos não biológicos.

Nakano, Arai, e Washizu (2018) estudaram o desenvolvimento e aplicação de uma tabela inter-regional de insumo-produto em 9 regiões do Japão para setores de energia renovável para o ano de 2005 e 2030, aplicando dois indicadores: o índice do poder de dispersão e o índice de sensibilidade de dispersão. O primeiro reflete no quanto a produção de uma fonte de energia renovável apresenta potencial para alavancar o crescimento de uma região. O segundo por sua vez, trata do quanto a atividade produtiva do bem em uma região pode ser significativamente afetada por vários setores em várias regiões da economia. Concluíram para o índice do poder de dispersão, que dentre as diferentes fontes de energia renovável, a biomassa apresenta o maior valor, com uma média de 1,592, isso demonstra que apesar de algumas fontes de energias renováveis resultarem em uma maior produção e criarem mais oportunidades de emprego que a eletricidade convencional, ao mesmo tempo, essas fontes de energias renováveis são mais caras que a eletricidade convencional. O índice do poder de dispersão da eletricidade convencional diminui com o aumento das energias renováveis. Por outro lado, o índice da sensibilidade da dispersão é significativamente menor que o da eletricidade convencional.

O estudo de Bilgen et al. (2015) mostra que a energia de biomassa tradicional (madeira e esterco) apresenta-se como potencial para a mitigação das mudanças climáticas e sustentabilidade na Turquia, além de substituir o petróleo bruto e o gás natural. Contudo, o país não possui experiência em novas tecnologias modernas para conversão da biomassa.

Diferentemente da realidade mundial, a geração de eletricidade no Brasil é historicamente baseada em fontes renováveis (DANTAS et al., 2017), e atualmente é fortemente dependente de duas fontes: hidrelétrica e gás natural (FERREIRA et al., 2018). De acordo com Kammen e Sunter (2016), as hidrelétricas estão cada vez mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas e do clima extremo. Há necessidade de diversificar a matriz energética para garantir a segurança nacional e uma maior inclusão de outras fontes de energia renovável (FERREIRA et al., 2018). Assim sendo, a geração distribuída de eletricidade gerada a partir de biomassa poderia auxiliar o país na preservação do meio ambiente e contribuir para a diversificação da matriz energética, o desenvolvimento econômico e a ampliação do acesso à energia em comunidades isoladas (FERREIRA et al., 2018).

Baseado no pressuposto de que a construção de usinas hidrelétricas continuará sendo uma diretriz prioritária da política energética brasileira, acredita-se que apesar de perder sua participação geral na geração de energia, a hidroeletricidade permanecerá como principal fonte de eletricidade no Brasil na década de 2030 (DANTAS et al., 2017).

Aplicando um modelo para analisar como o aumento do uso da bioenergia da madeira pode interagir com os mercados globais de produtos de madeira; combustíveis líquidos, sólidos e gasosos; e eletricidade produzida a partir de outras fontes, Zhang, Gilless e Stewart (2014) observaram que quando houve um rápido aumento dos preços da gasolina ou de outros combustíveis fósseis, o etanol celulósico lenhoso e outros tipos de biocombustível a partir da biomassa lenhosa tornaram-se competitivos em termos de preço nas atuais condições de produção.

2.1.8 Outros estudos relacionados a biomassa florestal

Empregando as técnicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e simulação de modelos, Xue et al. (2016) estudou uma cultura energética não alimentar e amplamente disponível na China, a *Miscanthus* (*Miscanthus spp.*). Herbert e Krishnan (2016) indicaram os impactos relacionados a produção. Esta espécie é considerada uma das principais alternativas para culturas energéticas de segunda geração no país, dado que possui um elevado potencial de produção de biomassa e baixos requisitos de insumos (XUE et al., 2016). No entanto, as perspectivas de energia de etanol de plantas como esta, dependem da adequada industrialização do processamento celulósico, que ainda precisa ser desenvolvido (FIELD; CAMPBELL; LOBELL, 2008).

Para a Espanha, Pleguezuelo et al. (2014) apresentam o potencial produtivo do cultivo de álamo (*Populus spp.*), eucalipto (*Eucalyptus spp.*), paulownia (*Paulownia fortunei* e *Paulownia tomentosa*), salgueiro (*Salixsp.*) e robinia (*Robinia sp.*) ou gafanhoto preto para a produção de biomassa lenhosa em sistemas de rotação curta, a fim de atender à crescente demanda de biocombustíveis nas próximas décadas em um contexto de agricultura de energia.

Matovic (2011) estudou a aplicação de biocarvão (ou carbono preto) no solo para sequestro de carbono e também como adubação e fertilização do solo. O biocarvão, produzido a partir de resíduos lignocelulósicos, além de ser usado como biocombustível para a produção de eletricidade, pode ser empregado para absorver contaminantes e fertilizar o solo (BONASSA et al., 2018). Assunto também abordado no trabalho de Nanda et al. (2016), o qual discutiram

sobre a gaseificação e combustão de carvão para produção de energia, remediação do solo, sequestro de carbono, catálise, bem como desenvolvimento de carvão ativado e produtos especiais com usos biomédicos e industriais.

Searchinger, Beringer e Strong (2017) fizeram uma revisão das estimativas de grande potencial de bioenergia de modelos de avaliação integrada (IAMs) recentes. Kim et al. (2018) menciona que, normalmente, estes modelos não capturam possibilidades de gerenciamento de recursos florestais ou mercados de produtos com detalhes suficientes.

2.1.9 Considerações finais

Diante do atual consenso de que os combustíveis fósseis são um dos causadores das mudanças climáticas, assim como há problemas relacionados à exploração, ao oligopólio dos produtos, aos riscos ambientais e a própria finidade destas fontes energéticas, os estudos investigam cada vez mais as tendências do uso de fontes renováveis para os próximos anos, dentre elas a biomassa florestal, procurando identificar os fatores limitantes associados às políticas públicas, à economia, às tecnologias de conversões, à disponibilidade de biomassa e de terras.

Inúmeros esforços têm sido feitos para buscar alternativas viáveis para geração de energia a partir das diversas fontes renováveis. Tais esforços ocorrem nos mais diversificados países com diferentes graus de evolução de tecnologia e de aplicação. Além do fato de serem renováveis, estas fontes apresentam vantagens ambientais, sociais e econômicas uma vez que podem desenvolver uma ampla cadeia produtiva com impacto econômico significativo, inclusive em regiões que hoje são desprovidas de reservas de combustíveis fósseis.

A biomassa destaca-se como uma alternativa com grande potencial para compor a matriz energética global, sendo a biomassa florestal um dos principais componentes deste segmento. Neste trabalho encontrou-se exemplos de aplicação da biomassa florestal para fins energéticos. No entanto, há ainda, diversos desafios a serem enfrentados no desenvolvimento desta matriz, especialmente no que compete às questões tecnológicas voltadas ao aperfeiçoamento e a otimização do uso, da logística, do manejo, além das questões relativas à competição com culturas essenciais, como a alimentar e de produtos de madeira.

2.1.10 Referências

AN, H.; WILHELM, W. E.; SEARCY, S. W. Biofuel and petroleum-based fuel supply chain research: a literature review. **Biomass and Bioenergy**, p. 3763-3774, 2011.

ANGELIS-DIMAKIS, A. et al. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 2, p. 1182-1200, 2011.

BATIDZIRAI, B.; SMEETS, E. M. W.; FAAIJ, A. P. C. Harmonising bioenergy resource potentials - Methodological lessons from review of state of the art bioenergy potential assessments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 6598–6630, 2012.

BEN-IWO, J.; MANOVIC, V.; LONGHURST, P. Biomass resources and biofuels potential for the production of transportation fuels in Nigeria. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 63, p. 172–192, 2016.

BILGEN, S. et al. A perspective for potential and technology of bioenergy in Turkey: Present case and future view. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 48, p. 228–239, 2015.

BILGILI, F. et al. Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 830–845, 2017.

BILGILI, M. et al. The role of hydropower installations for sustainable energy development in Turkey and the world. **Renewable Energy**, v. 126, p. 755–764, 2018.

BONASSA, G. et al. Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2365-2378, 2018.

BRADSHAW, A. Regulatory change and innovation in Latin America: The case of renewable energy in Brazil. **Utilities Policy**, v. 49, p. 156–164, 2017.

BRINGEZU, O'BRIEN, SCHÜTZ. Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. **Land Use Policy**, v. 29, n. 1, p. 224–232, 2012.

CAPES. **Portal de Periódicos da Capes**. Disponível em: <<http://www-periodicos-capes-gov-br.ez74.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

CREMONEZ, P. A. et al. Current scenario and prospects of use of liquid biofuels in South America. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 352–362, 2015a.

CREMONEZ, P. A. et al. Biofuels in Brazilian aviation: Current scenario and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 1063–1072, 2015b.

CUTZ, L. et al. Assessment of biomass energy sources and technologies: The case of Central America. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1411–1431, 2016.

DANTAS, G. de A. et al. Prospects for the Brazilian electricity sector in the 2030s: scenarios and guidelines for its transformation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 997-1007, 2017.

DEBONI, T. L. et al. Evolution of the quality of forest biomass for energy generation in a cogeneration plant. **Renewable Energy**, v. 135, p. 1291–1302, 2019.

ESCOBAR, J. C. et al. Biofuels: Environment, technology and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 1275–1287, 2009.

FERNÁNDEZ, SÁNCHEZ, T. Analysis of forest residual biomass potential for bioenergy production in Spain. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 18, n. 1, p. 209–218, 2016.

FERREIRA, L. R. A. et al. Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 94, p. 440-455, 2018.

FIELD, C. B.; CAMPBELL, J. E.; LOBELL, D. B. Biomass energy: the scale of the potential resource. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23, p. 65–72, 2008.

GAN, L.; YU, J. Bioenergy transition in rural China: Policy options and co-benefits. **Energy Policy**, v. 36, p. 531–540, 2008.

GREGG, J. S.; SMITH, S. J. Global and regional potential for bioenergy from agricultural and forestry residue biomass. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 15, p. 241–262, 2010.

HAVLÍK, P. et al. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. **Energy Policy**, v. 39, p. 5690–5702, 2011.

HEINIMÖ, J.; JUNGINGER, M. Production and trading of biomass for energy – An overview of the global status. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1310-1320, 2009.

HERBERT, G. M. J.; KRISHNAN, A. U. Quantifying environmental performance of biomass energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 292-308, 2016.

HUGUES, P.; ASSOUMOU, E.; MAIZI, N. Assessing GHG mitigation and associated cost of French biofuel sector: Insights from a TIMES model. **Energy**, v. 113, p. 288–300, 2016.

HULTMAN, N. E. et al. Factors in low-carbon energytrans formations: Comparing nuclear and bioenergy in Brazil, Sweden, and the United States. **Energy Policy**, v. 40, p. 131–146, 2012.

HURMEKOSKI, E.; HETEMÄKI, L. Studying the future of the forest sector: review and implications for long-term outlook studies. **Forest Policy and Economics**, v. 34, p. 17-29, 2013

KAMMEN, D. M.; SUNTER, D. A. City-integrated renewable energy for urban sustainability. **Science**, v. 352, n. 6288, p. 922–928, 2016.

KANASE-PATIL, A. B.; SAINI, R. P.; SHARMA, M. P. Sizing of integrated renewable energy system based on load profiles and reliability index for the state of Uttarakhand in India. **Renewable Energy**, v. 36, n. 11, p. 2809–2821, 2011.

KIM, S. J. et al. Cumulative global forest carbon implications of regional bioenergy expansion policies. **Resource and Energy Economics**, v. 53, p. 198-219, 2018.

KLINE, K. L. et al. Bioenergy and Biodiversity: Key Lessons from the Pan American Region. **Environmental Management**, v. 56, p. 1377–1396, 2015.

KÖHLER, J. et al. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 31, n. January, p. 1–32, 2019.

LI, H. et al. Evaluation of a biomass drying process using waste heat from process industries: A case study. **Applied Thermal Engineering**, v. 35, n. 1, p. 71–80, 2012.

MAHESH, A.; SHOBA JASMIN, K. S. Role of renewable energy investment in India: an alternative to CO₂ mitigation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 414–424, 2013.

MATOVIC, D. Biochar as a viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective. **Energy**, v. 36, p. 2011–2016, 2011.

MATZENBERGER, J. et al. Future perspectives of international bioenergy trade. **Renewable**

and Sustainable Energy Reviews, v. 43, p. 926–941, 2015.

MEYER, A. de; Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 657-670, 2014.

MIAH, M. D. et al. Forest biomass and bioenergy production and the role of CDM in Bangladesh. **New Forests**, v. 42, p. 63–84, 2011.

MOHAMMED, Y. S.; MUSTAFA, M. W.; BASHIR, N. Hybrid renewable energy systems for off-grid electric power: Review of substantial issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 35, p. 527–539, 2014.

MONCADA, J.; ARISTIZÁBAL, V.; CARDONA, C. A. Design strategies for sustainable biorefineries. **Biochemical Engineering Journal**, v. 116, p. 122–134, 2016.

NAKANO, S.; ARAI, S.; WASHIZU, A. Development and application of an inter-regional input-output table for analysis of a next generation energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2834–2842, 2018.

NANDA, S. et al. Biochar as an Exceptional Bioresource for Energy, Agronomy, Carbon Sequestration, Activated Carbon and Specialty Materials. **Waste and Biomass Valorization**, v. 7, p. 201–235, 2016.

NEDEL, T. et al. Cadeia produtiva do eucalipto para uso energético, em Cristalina, Goiás. **Documentos 220 (Embrapa Florestas)**, v. 1, p. 1-27, 2019.

NICHOLLS, D.; MONSERUD, R. A.; DYKSTRA, D. P. International bioenergy synthesis-Lessons learned and opportunities for the western United States. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 1647–1655, 2009.

PEIDONG, Z. et al. Bioenergy industries development in China: Dilemma and solution. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 2571–2579, 2009.

PLEGUEZUELO, C. R. R. et al. Bioenergy farming using woody crops. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 95–119, 2014.

PULLIN, A. S.; STEWART, G. B. Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p. 1647–1656, 2006.

QUINTEIRO, P. et al. Identification of methodological challenges remaining in the assessment of a water scarcity footprint: a review. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 1, p. 164–180, 2017.

RIOS, M.; KALTSCHMITT, M. Bioenergy potential in Mexico-status and perspectives on a high spatial distribution. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 3, p. 239–254, 2013.

ROBERTS, J. J. et al. Assessment of dry residual biomass potential for use as alternative energy source in the party of General Pueyrredón, Argentina. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 568–583, 2015.

RODRÍGUEZ-MONROY, C.; MÁRMOL-ACITORES, G.; NILSSON-CIFUENTES, G. Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources – A focus on biomass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 937–945, 2018.

RONI, M. S. et al. Biomass co-firing technology with policies, challenges, and opportunities: a global review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 1089-1101, 2017.

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

SCATOLINO, M. V. et al. Options for Generation of Sustainable Energy: production of pellets based on combinations between lignocellulosic biomasses. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 3, p. 479-489, 2018.

SEARCHINGER, T. D.; BERNINGER, T.; STRONG, A. Does the world have low-carbon bioenergy potential from the dedicated use of land? **Energy Policy**, v. 110, p. 434-446, 2017.

SIKKEMA, R. et al. Mobilization of biomass for energy from boreal forests in Finland & Russia under present sustainable forest management certification and new sustainability requirements for solid biofuels. **Biomass and Bioenergy**, v. 71, p. 23-36, 2014.

SILVA, C. M. S. da et al. Biomass torrefaction for energy purposes – Definitions and an overview of challenges and opportunities in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2426–2432, 2018.

SIMAS, M.; PACCA, S. Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 83–90, 2014.

SIMIONI, F. J. et al. Forest biomass chain of production: Challenges of small-scale forest production in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 889-898, 2018.

SÖDERBERG, C.; ECKERBERG, K. Rising policy conflicts in Europe over bioenergy and forestry. **Forest Policy and Economics**, v. 33, p. 112–119, 2013.

STIDHAM, M.; SIMON-BROWN, V. Stakeholder perspectives on converting forest biomass to energy in Oregon, USA. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 1, p. 203-213, 2011.

STOLARSKI, M. J. et al. Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. **Renewable Energy**, v. 57, p. 20–26, 2013.

TAURO, R.; SERRANO-MEDRANO, M.; MASERA, O. Solid biofuels in Mexico: a sustainable alternative to satisfy the increasing demand for heat and power. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 20, n. 7, p. 1527-1539, 2018.

TIMKO, J. et al. A policy nexus approach to forests and the SDGs: tradeoffs and synergies. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 34, p. 7–12, 2018.

VAN DAM, J. et al. Overview of recent developments in sustainable biomass certification. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 8, p. 749-780, ago. 2008.

VOGT, K. A. et al. Bio-methanol: How energy choices in the western United States can help mitigate global climate change. **Renewable Energy**, v. 34, p. 233–241, 2009.

WANG, L.; WEI, Y. M.; BROWN, M. A. Global transition to low-carbon electricity: A bibliometric analysis. **Applied Energy**, v. 205, p. 57–68, 2017.

WIT, M. de; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A. Learning in dedicated wood production systems: Past trends, future outlook and implications for bioenergy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 417–432, 2013.

XUE, S. et al. Assessment of the production potentials of Miscanthus on marginal land in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 932–943, 2016.

YAN, J.; LIN, T. Biofuels in Asia. **Applied Energy**, v. 86, p. S1–S10, 2009.

YANG, J. et al. Forest-based bioenergy in China: Status, opportunities, and challenges.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 18, p. 478–485, 2013.

ZABED, H. et al. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 475–501, 2017.

ZHANG, S.; GILLESS, J. K.; STEWART, W. Modeling price-driven interactions between wood bioenergy and global wood product markets. **Biomass and Bioenergy**, v. 60, p. 68-78, 2014.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo traz a metodologia do estudo de prospecção do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas. Nas seções seguintes, apresentam-se as cinco etapas da pesquisa: seleção dos especialistas; elaboração do questionário; envio do questionário; recebimento e preparação dos dados, finalizando-se com o tratamento estatístico. Para tanto, com o propósito de elucidar os diferentes métodos existentes para a análise prospectiva, acrescentou-se o tópico inicial designado como técnicas de pesquisa.

3.1 TÉCNICAS DE PESQUISA

Em estudos de prospecção, existem diferentes abordagens teórico-metodológicas que orientam a definição da unidade de análise e o método de prospecção (SIMIONI, 2007). Dentre as distintas técnicas de pesquisa, destacam-se três grupos de abordagens principais: previsão (*forecast*), visão (*foresight*) e monitoramento (*assessment*).

O *forecast* é definido como um estudo tendencial realizado com as informações da evolução histórica do objeto de estudo, empregando ferramentas matemáticas ou estatísticas para a obtenção da projeção de situações futuras (KUPFER; TIGRE, 2004; SIMIONI; 2007; SCHENATTO et al., 2011).

Ao contrário da abordagem anterior, o *foresight* parte da proposição de que o futuro não pode ser determinado analiticamente (CELIKTAS; KOCAR, 2010; SCHENATTO et al., 2011). Diante disso, a técnica-metodológica consiste na projeção de especialistas com base no seu próprio conhecimento e subjetividades, antecipando possibilidades futuras com o desígnio de subsidiar a formulação de políticas, o planejamento e a tomada de decisões relacionados ao tema de estudo (KUPFER; TIGRE, 2004; SIMIONI, 2007).

Por outro lado, a concepção teórica do *assessment* consiste no acompanhamento da evolução e identificação de fatores de mudança, realizados de forma mais ou menos sistemática e contínua (KUPFER; TIGRE, 2004; SIMIONI, 2007).

O método dessa pesquisa seguiu a abordagem *foresight*, desenvolvido através da projeção de especialistas com base no seu próprio conhecimento, mediante a aplicação de um questionário *Delphi*, com o intuito de se obter previsões de acontecimentos futuros e subsidiar a formulação de políticas, o planejamento e a tomada de decisões. A referida abordagem foi a mesma empregada nos estudos de Lima et al. (2005) e Simioni (2007).

3.2 SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS

A primeira etapa foi o levantamento e seleção de estudantes, pesquisadores, professores e profissionais de todo o Brasil, identificados como convededores do tema biomassa florestal para finalidades energéticas. Para efeito desta pesquisa foi adotada a terminologia “especialistas” para identificar os participantes do estudo.

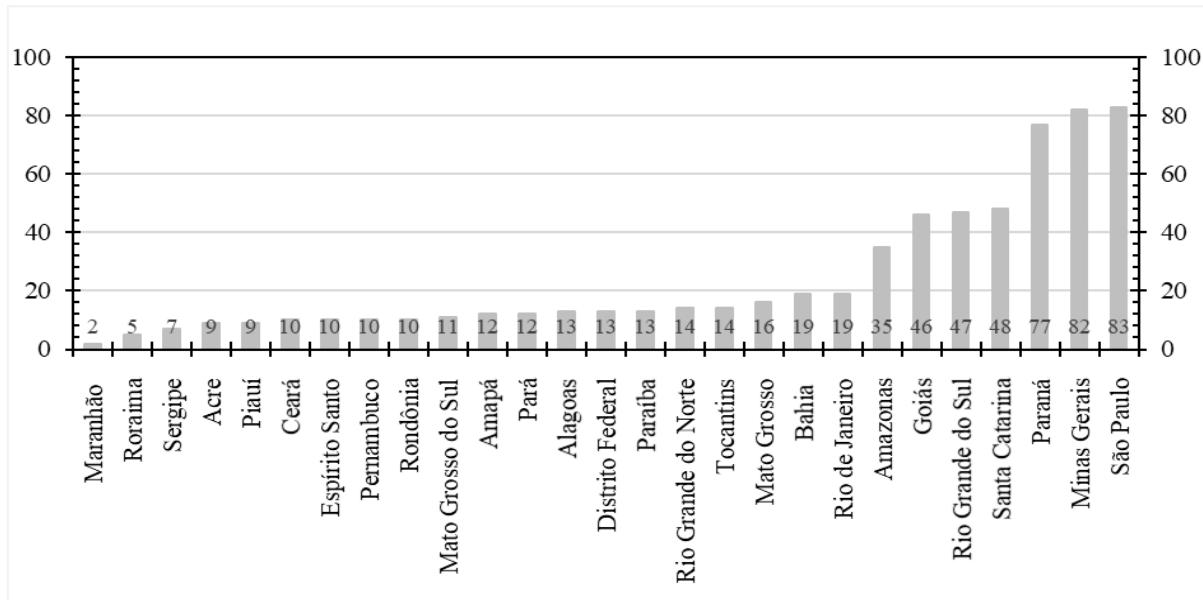
Para este levantamento e elaboração do banco de especialistas, realizou-se buscas em artigos de revistas relacionadas ao tema de interesse, *sites* de empresas, eventos e instituições de ensino e pesquisa, consultando as páginas de cursos de graduação, principalmente aqueles relacionados a área florestal, programas de pós-graduação concernentes às áreas de ciências ambientais, florestais, engenharia florestal, energia renovável, entre outras áreas afins. Além disso, contou-se com o apoio do grupo de pesquisadores envolvido no presente estudo, no sentido de fornecer listas de contatos de especialistas conhecidos.

Desse modo, a partir do levantamento do nome do especialista, quando o endereço de *e-mail* não estava disponível, tanto em artigos quanto nas páginas eletrônicas das empresas e instituições, efetuou-se o contato por meio da rede social profissional *LinkedIn* e/ou pelo currículo disposto na plataforma *Lattes*, e também no próprio *site* nos campos “Fale conosco” ou “Contato”.

Obteve-se 646 contatos para a lista dos especialistas na área de biomassa florestal aplicada para a geração de energia, contemplando todos os estados brasileiros e o Distrito Federal (Figura 5).

O banco de especialistas foi elaborado em uma planilha do *software* Microsoft Excel 2016 (MICROSOFT CORP., 2016) e inseriu-se, de maneira mais relevante, o nome do especialista, o endereço de *e-mail* para contato e o estado de federação. Outras informações adicionais também foram consideradas, como: telefone, cidade e empresa/instituição de atuação.

Figura 5 - Distribuição dos especialistas selecionados pelos estados brasileiros e o Distrito Federal (n=646)



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

3.3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Como mencionado anteriormente, utilizou-se a abordagem *foresight*, por meio da aplicação de um questionário *Delphi*. O método *Delphi* foi desenvolvido pela *Research and Development Corporation*, na década de 1950, como uma ferramenta de previsão e é empregada para verificar a percepção do conhecimento de especialistas da área sobre um determinado assunto em uma avaliação anônima (FLOSTRAND, 2017; LIN, 2013). Para Coelho (2003), o questionário *Delphi* tem sido usado para solucionar incertezas sobre condições e tendências futuras. De acordo com Ho et al. (2018), o método apresenta algumas vantagens como a facilidade de comunicação por intermédio de meios eletrônicos e o formato de resposta anônima que possibilita a declaração da preferência do especialista.

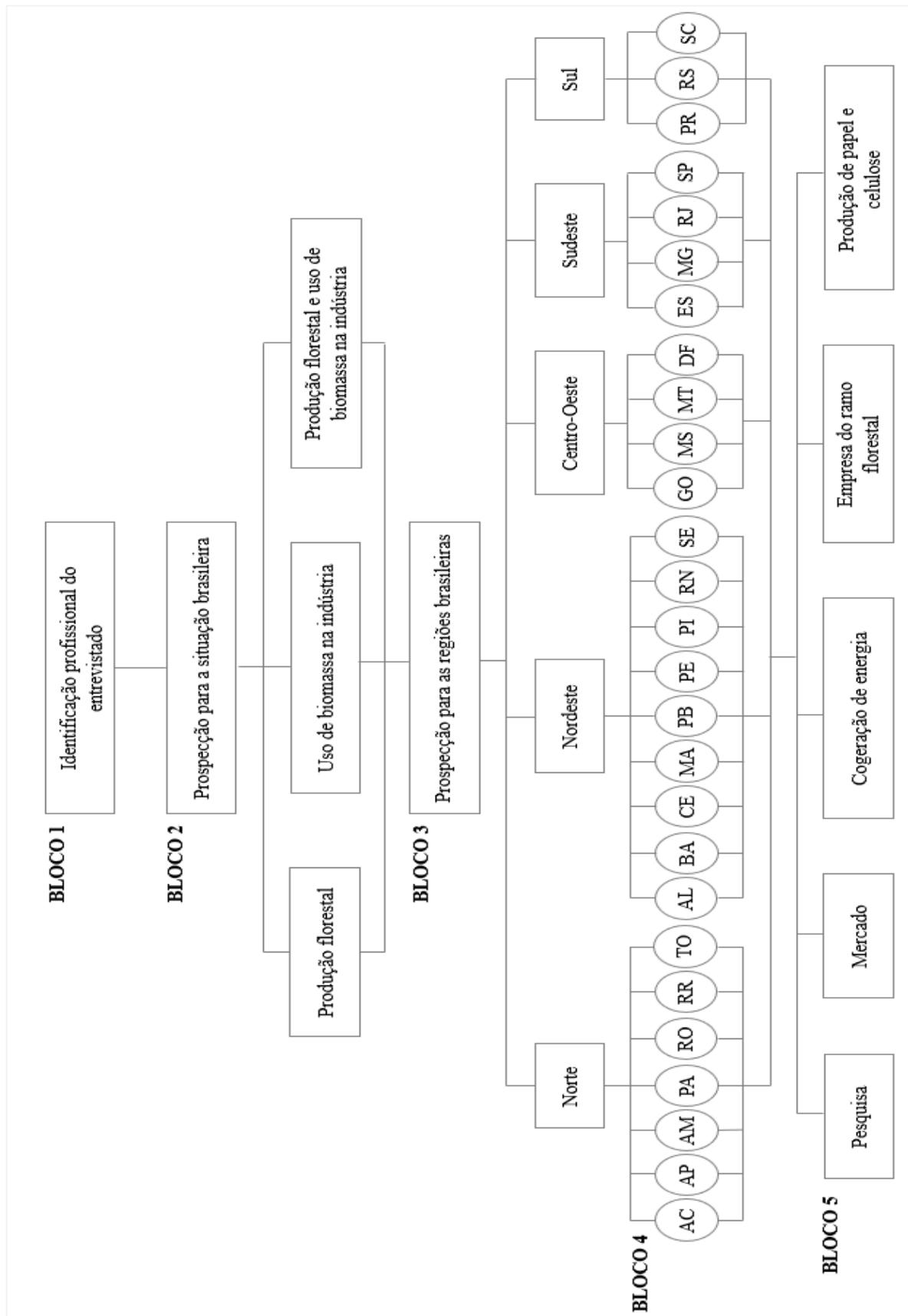
A primeira etapa constituiu-se na revisão teórica em artigos científicos, com o propósito de entender o cenário de perspectivas do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (apresentado no capítulo 2). Além disso, consultou-se o livro publicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), intitulado como “Projeto Quo Vadis: o futuro da pesquisa agropecuária brasileira” (LIMA et al., 2005) e também o estudo de Simioni (2007) intitulado como “Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no Planalto Sul de Santa Catarina”.

A primeira versão do questionário, com um total de 85 questões, foi elaborada pelos pesquisadores envolvidos no presente estudo a partir da revisão bibliográfica produzida no capítulo anterior. Com o intuito de sustentar e enriquecer o questionário, foram solicitadas por *e-mail*, sugestões de 5 especialistas externos à pesquisa em duas rodadas. Este grupo de especialistas no ramo de biomassa florestal para finalidades energéticas, inserido no banco de contatos, era composto por professores da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e integrantes da EMBRAPA. A partir disso, em cada rodada, os especialistas retornavam com opiniões, questionamentos e sugestões, as quais eram incorporadas às novas versões, contribuindo assim para melhoria da versão final do questionário.

As sugestões agregadas ao questionário, proporcionaram assim, o modelo final que foi utilizado no estudo (Apêndice A). Essa última versão, com 171 questões, foi estruturada em 5 blocos: (1) identificação profissional do entrevistado; (2) prospecção para a situação brasileira; (3) prospecção para a região do entrevistado; (4) prospecção para o estado de atuação do entrevistado e (5) prospecção considerando a área de atuação do entrevistado. Destaca-se que cada bloco possuía mais de uma seção, entretanto, o entrevistado respondia somente parte do questionário de acordo com as questões que direcionavam o mesmo para a seção de sua escolha.

A fim de melhor compreender os caminhos percorridos pelos entrevistados durante o preenchimento do questionário, foi desenvolvido um fluxograma (Figura 6) apresentando a estrutura do questionário.

Figura 6 - Representação esquemática dos caminhos percorridos pelos entrevistados durante o preenchimento do questionário



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

3.4 ENVIO DO QUESTIONÁRIO

Com o intuito de facilitar o envio do questionário, tendo em vista a abrangência do estudo e uma vez que possibilita atingir um maior número de respostas, decidiu-se por fazê-lo de forma *online*. Para tanto, observou-se diversas ferramentas disponíveis que permitem a criação de formulários para pesquisas. Dentre as observadas, escolheu-se o *Google Forms*, posto que é gratuito, atende as necessidades do estudo, apresenta uma interface simples tanto para quem elabora o questionário quanto para quem responde e não possui limite de respostas. De acordo com a ferramenta, o arquivo criado é denominado como formulário. Como única restrição, constatou-se a limitação na quantidade de envio diário de convites para preenchimento do questionário.

Inicialmente, contando com a colaboração dos 6 especialistas pré-selecionados, fez-se a aplicação de um teste piloto, tendo como importância a sua verificação, com a intenção de averiguar possíveis erros durante o preenchimento do formulário. Em seguida, os especialistas levantados na etapa inicial, pertencentes ao banco de contatos da pesquisa, receberam um *e-mail* através da ferramenta *Google Forms*, convidando-os para participar da pesquisa e disponibilizando-os o *link* de acesso ao referido questionário.

Após, foram efetuadas várias tentativas de envio, tanto de convites como de lembretes semanais para preenchimento, durante os meses de Agosto a Novembro de 2019. Os lembretes tinham o propósito de incentivar a participação dos especialistas na presente pesquisa e também evitar o não recebimento do *e-mail*, considerando a hipótese de o endereço eletrônico classificá-lo como *spam*.

3.5 RECEBIMENTO E PREPARAÇÃO DOS DADOS

Foram recebidas ao total 154 respostas, resultando em um índice de retorno de 23,84% dos questionários enviados. Em razão da abrangência do público alvo do estudo e a complexidade do preenchimento do questionário, o índice de retorno foi considerado adequado para o referido estudo. Ressalta-se que além da necessidade de disponibilidade de tempo para responde-lo, o questionário possuía questões que exigiam do entrevistado a interpretação e análise da evolução ao longo do tempo de uma série de dados.

As respostas foram automaticamente registradas em uma planilha *online* do *Google Sheets*. Para facilitar o tratamento estatísticos, ao finalizar a coleta de dados, a planilha foi exportada para o *software* Microsoft Excel 2016 (MICROSOFT CORP., 2016).

3.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Como tratamento estatístico para análise dos dados, aplicou-se estatísticas descritivas, sobretudo, a média, a mediana, o primeiro quartil (Q1) e o terceiro quartil (Q3), objetivando apontar as tendências centrais das respostas obtidas. Para a obtenção das estatísticas, os dados foram manipulados no *software* Microsoft Excel 2016 (MICROSOFT CORP., 2016) com o auxílio de algumas ferramentas e funções.

Como em grande parte do questionário as questões não eram obrigatórias e muitas possibilitavam a seleção de mais de uma alternativa, considerou-se a quantidade de respostas para cada questão no tratamento estatístico empregado. Além disso, existe a possibilidade de que o somatório do percentual de respostas de todas as alternativas supere 100%. Ademais, com o intuito de garantir a representatividade e confiabilidade na tendência dos dados, os estados com número de respostas inferior a 8 não foram tabulados.

4 RESULTADOS

Este capítulo objetiva apresentar, com base nas informações obtidas a partir da aplicação do questionário *Delphi*, o diagnóstico dos especialistas entrevistados; a prospecção para a situação brasileira, bem como as áreas de atuação em pesquisa, mercado, cogeração de energia, empresa do ramo florestal e produção de papel e celulose; abordando ainda a prospecção para as regiões brasileiras e a prospecção para os estados brasileiros selecionados.

4.1 DIAGNÓSTICO DOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS

No primeiro bloco do questionário, os especialistas responderam às questões obrigatórias que discorriam a respeito da identificação profissional, conforme informações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos resultados do diagnóstico dos especialistas entrevistados

Variável	Alternativas de Respostas	% (n=154)
Principal setor de atuação	Universidade ou instituição de ensino	61,0
	Empresa privada	18,2
	Órgão público	2,0
	Entidade organizacional	2,6
	Instituto de pesquisa	13,6
	Outro	2,6
Tempo de experiência profissional	Menos de 1 ano	3,3
	Entre 1 e 5 anos	21,1
	Entre 5 e 10 anos	22,0
	Entre 10 e 20 anos	22,8
	Mais de 20 anos	30,9
Último ciclo completo de educação formal	Sem formação superior	1,6
	Graduação	3,3
	Especialização	6,5
	Mestrado	18,7
	Doutorado	45,5
	Pós-doutorado	24,4
Nível de conhecimento sobre o assunto biomassa florestal para uso energético	Profundo conhecedor	40,3
	Conhecedor mediano	46,0
	Familiarizado	12,2
	Não familiarizado	1,4

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Observa-se na Tabela 1 que o principal setor de atuação dos entrevistados foi o ensino e a pesquisa, totalizando 74,7%, seguido de empresas privadas, com 18,2%. Em adição, 75,6% dos entrevistados possuem mais de cinco anos de experiência profissional e mais de 95% possuem pós-graduação, destacando que 70% possuem formação em nível de doutorado.

Neste bloco, o entrevistado também realizou uma autoavaliação identificando o seu nível de conhecimento, sobre o assunto biomassa florestal para uso energético. Os resultados evidenciam que 86,3% dos especialistas entrevistados apresentam conhecimento sobre o assunto classificado como mediano a alto, conferindo confiabilidade aos resultados obtidos na presente pesquisa.

4.2 PROSPECÇÃO PARA A SITUAÇÃO BRASILEIRA

No segundo bloco os entrevistados responderam às questões com o objetivo de apontar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o Brasil como um todo.

Analizando a Tabela 2, observa-se que existe uma expectativa de alto crescimento para o consumo de biomassa florestal para 80 entrevistados (66,1% dos respondentes). A biomassa florestal seguida da cana-de-açúcar foram as fontes de biomassa que receberam mais indicações de “alto crescimento”.

Outras opções de biomassa foram apontadas pelos especialistas para produção de energia nos próximos anos, tais como as toras de madeira proveniente de florestas energéticas e resíduos da exploração industrial, pellets e/ou briquetes de resíduos de exploração florestal e industrial e resíduos de exploração tanto florestal quanto industrial (Tabela 3).

Atualmente, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) com ano base 2017, a lenha e o carvão vegetal proveniente de silvicultura correspondem a 8% da oferta interna de energia. Considerando a evolução histórica do consumo total no Brasil, tanto para a lenha quanto para o carvão vegetal oriundos de silvicultura, no período de 1970 a 2017, os especialistas expressaram suas expectativas da oferta interna de energia para o ano de 2030 (Figura 7 e 8).

Tabela 2 - Expectativa sobre o consumo para os diferentes tipos de biomassa para os próximos anos (até 2030)

Fonte de biomassa	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Aguapé ou lírio aquático, algas e microalgas (Aquático)	110	7	8	43	39	13
Biomassa florestal	121	0	3	8	30	80
Cana-de-açúcar (Sacarídeo)	120	0	1	17	30	72
Capim-elefante, gramíneas, forrageiras (Celulósico)	117	0	13	31	40	33
Cascas de produtos vegetais, licor negro/lixívia (Resíduos industriais)	119	2	3	21	40	53
Dendê (Óleo vegetal)	112	3	6	46	34	23
Embalagens utilizadas e entulhos (Resíduos urbanos inorgânicos)	118	0	15	24	45	34
Mandioca, batata-doce, outros (Amiláceo)	112	5	17	43	36	11
Milho (Amiláceo)	117	6	11	32	40	28
Girassol, mamona, outros (Oleaginosa)	113	2	18	39	36	18
Soja (Oleaginosa)	117	3	9	31	43	31
Resíduos de produção agrícola	119	0	6	23	41	49
Resíduos de produção pecuária (gordura animal)	116	3	8	36	47	22
Restos de alimentos, galhos e folhas de árvores (Resíduos urbanos orgânicos)	120	1	8	25	49	37

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

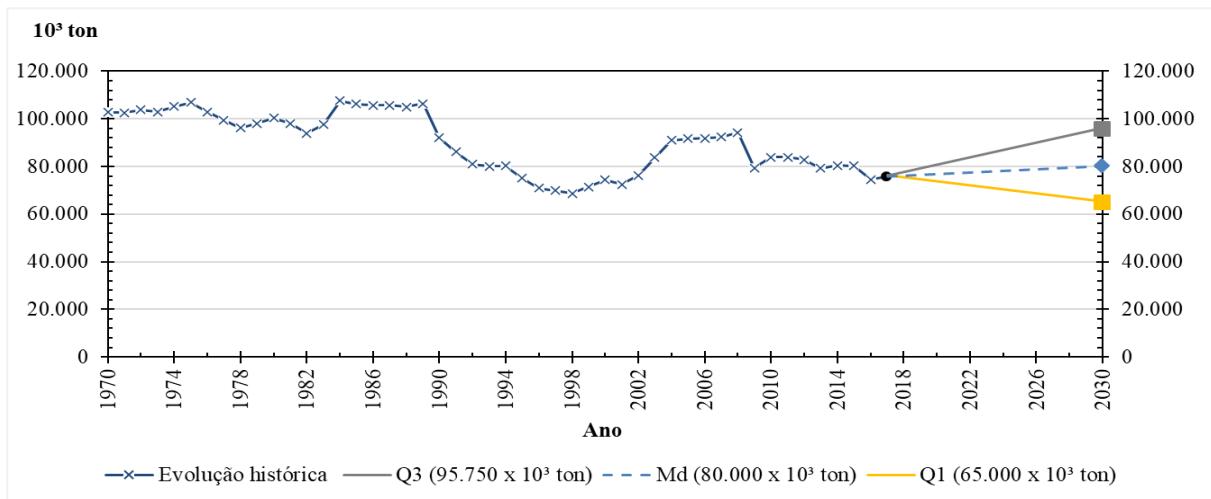
Nota: n é o número de respostas.

Tabela 3 - Principal tipo de fonte de biomassa florestal para uso energético nos próximos anos (n=122)

Variável	n	%
Toras de madeira proveniente de florestas energéticas, com corte raso	54	44,3
Toras de madeira provenientes de florestas de uso múltiplo, com corte seletivo	13	10,7
Resíduos da exploração florestal (ponta de árvores, tocos, galhos, etc.)	14	11,5
Resíduos da exploração industrial (cavacos, cascas, serragem, etc.)	38	31,1
Outros	3	2,5

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Figura 7 - Evolução histórica e prospecção do consumo interno de lenha de silvicultura para o ano de 2030 (n=98)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Em 2017, o consumo total de lenha de silvicultura foi cerca de $76.000 \cdot 10^3$ toneladas e para 2030 espera-se um consumo total de $80.000 \cdot 10^3$ toneladas (mediana). Os comentários e justificativas descritos pelos entrevistados podem ser consultados na Tabela 4. Para 34,8% dos respondentes haverá um crescimento em razão do aumento da oferta e da demanda, seguida pela tendência à estabilidade devido ao uso de outras fontes energéticas, com 28,4%.

Tabela 4 - Comentário e/ou justificativa da expectativa da oferta interna de energia a partir da lenha de silvicultura para o ano de 2030 (n=95)

Comentário/Justificativa	n
Crescimento em razão do aumento da oferta e da demanda	34
Tendência à estabilidade devido ao uso de outras fontes energéticas	27
Tendência à queda devido ao uso de outras fontes energéticas	22
Crescimento dependente de melhorias/incentivos públicos aplicados à cadeia produtiva	4
Decréscimo em razão dos baixos incentivos públicos	2
Não soube responder	6

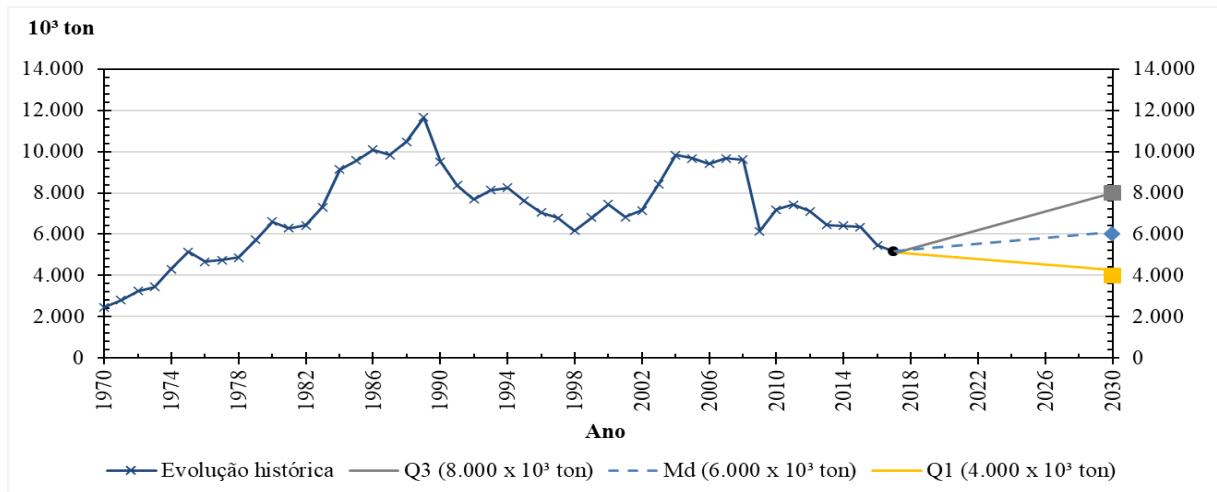
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: n é o número de respostas.

Por outro lado (Figura 8), o consumo total de carvão vegetal de silvicultura em 2017 foi cerca de $5.200 \cdot 10^3$ toneladas e a expectativa da oferta interna de energia para 2030 é de $6.000 \cdot 10^3$ toneladas (mediana). Observa-se na Tabela 5 os comentários e as justificativas dos entrevistados acerca de suas expectativas para o ano de 2030. Cerca de 43,5% dos entrevistados descreveram que há uma tendência de crescimento em razão do aumento da oferta e da

demanda, especialmente pela indústria siderúrgica, e uma tendência de queda na oferta interna de energia devido ao uso de outras fontes energéticas e/ou baixa demanda para 28,3% dos especialistas.

Figura 8 - Evolução histórica e prospecção do consumo interno de carvão vegetal de silvicultura para o ano de 2030 (n=93)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 5 - Comentário e/ou justificativa da expectativa da oferta interna de energia a partir do carvão vegetal de silvicultura para o ano de 2030 (n=92)

Comentário/Justificativa	n
Crescimento em razão do aumento da oferta e da demanda, especialmente pela indústria siderúrgica	40
Tendência à queda devido ao uso de outras fontes energéticas/baixa demanda	26
Tendência à estabilidade devido ao uso de outras fontes energéticas	18
Crescimento discreto dependente de melhorias/incentivos públicos aplicados à cadeia produtiva	2
Decréscimo em razão dos baixos incentivos públicos	2
Não soube responder	4

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: n é o número de respostas.

O consumo final de biomassa (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool), em 2017, foi destinado para o setor industrial, de transportes, energético, residencial, agropecuário e outros (BEN, 2018). Para o ano de 2030 (Tabela 6), 65,5% dos especialistas esperam um crescimento e ampliação da participação do setor industrial no consumo de biomassa, e 52,1% acreditam que haverá um aumento da parcela do setor energético. Ressalta-

se que nesta questão o entrevistado poderia assinalar mais de uma opção, desse modo o somatório do número de respostas de todas as alternativas superou o número de respondentes.

Tabela 6 - Crescimento e ampliação da participação de cada setor no consumo final de biomassa em diferentes setores até 2030 (n=119)

Setor	Participação Percentual do setor em 2017	Nº de indicações do setor que apresentaria maior crescimento em 2030
Industrial	49,5	78
Transportes	19,7	9
Energético	16,9	62
Residencial	9,2	8
Agropecuário	4,5	15
Outro	0,2	0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

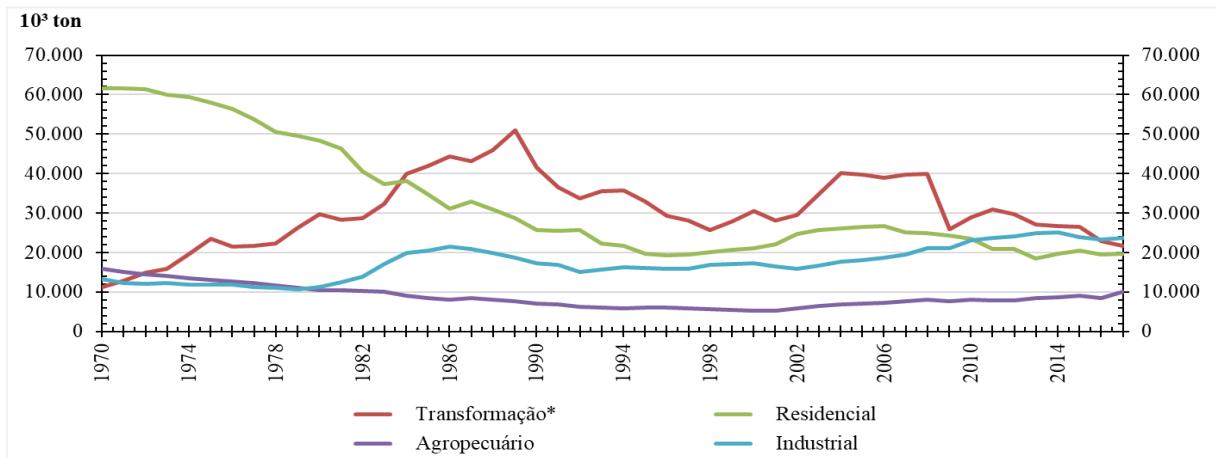
Na Figura 9, pode-se analisar o comportamento e a evolução histórica do consumo de lenha por setor no Brasil durante o período que compreende os anos de 1970 a 2017. A partir destes dados, os entrevistados indicaram suas expectativas para os próximos anos, considerando as alternativas fornecidas (alta redução, baixa redução, se manterá constante, baixo crescimento e alto crescimento), referente ao consumo da lenha para cada setor (Tabela 7).

O setor agropecuário tende a se manter constante para 43,3% dos entrevistados. Para este mesmo percentual, o setor industrial tende a um alto crescimento e, para 41,7% dos respondentes, haverá um baixo crescimento. No setor residencial, a maioria dos especialistas, ou seja, 35,3% das respostas indicam que se manterá constante, enquanto 31,0% apontam para uma baixa redução. O setor de transformação, que compreende a produção de carvão vegetal e geração elétrica, sofrerá um baixo crescimento para 31,2% dos especialistas (Tabela 7).

De forma semelhante à questão anterior, os entrevistados prospectaram o comportamento do consumo de carvão vegetal para os próximos anos (até 2030), tomando-se como referência os dados da evolução histórica (Figura 10).

Os resultados demonstram (Tabela 8) que os setores residencial, comercial e público tendem a se manter constante no consumo de carvão vegetal para 52,9%, para 56,3% e para 60,7% dos respondentes, respectivamente. Em contrapartida, 66,4% dos entrevistados sugerem um baixo a alto crescimento para o setor industrial.

Figura 9 - Evolução do consumo de lenha por setor no Brasil no período de 1970 a 2017



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do BEN (2018).

Nota: * Produção de carvão vegetal e geração elétrica.

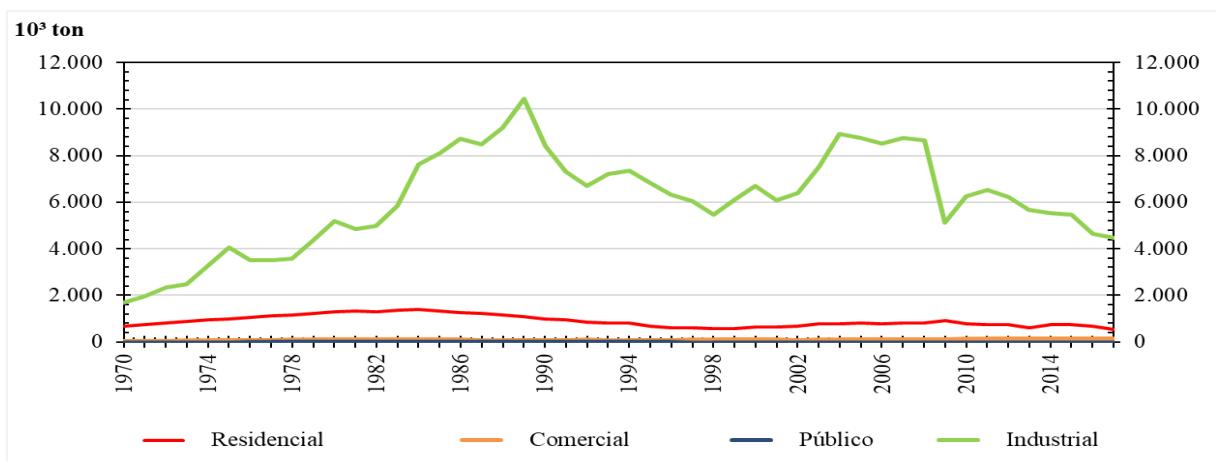
Tabela 7 - Prospecção do comportamento do consumo de lenha em diferentes setores nos próximos anos (até 2030)

Setor	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Agropecuário	120	0	5	52	46	17
Industrial	120	1	6	11	50	52
Residencial	119	12	37	42	25	3
Transformação	120	5	25	30	41	19

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

Figura 10 - Evolução do consumo de carvão vegetal por setor no Brasil no período de 1970 a 2017



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do BEN (2018).

Tabela 8 - Prospecção do comportamento do consumo de carvão vegetal em diferentes setores nos próximos anos (até 2030)

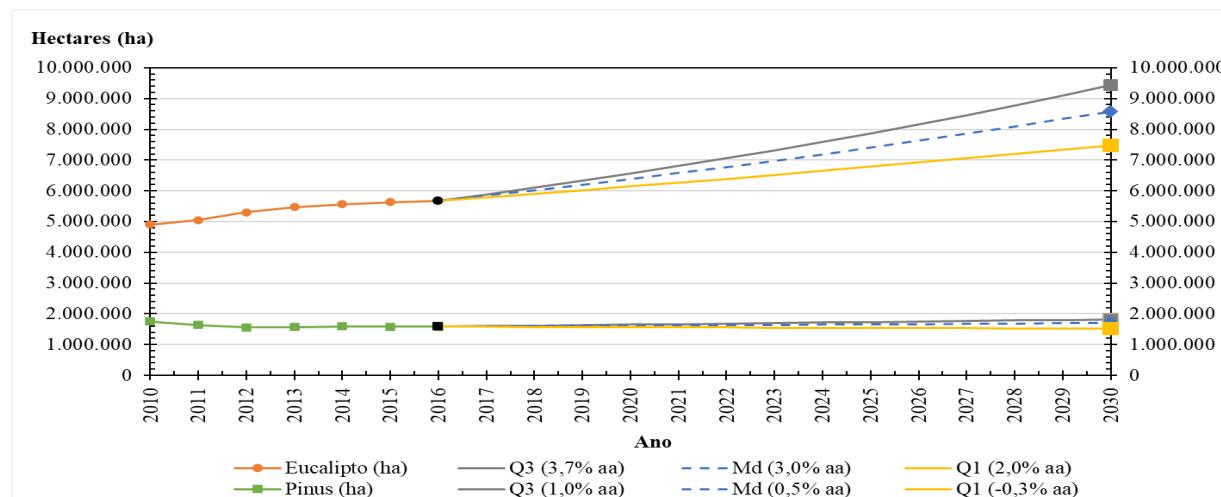
Setor	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Residencial	119	7	22	63	22	5
Comercial	119	8	18	67	21	5
Público	117	10	20	71	14	2
Industrial	119	7	19	14	40	39

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

Os dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2018) apresentam a evolução histórica de áreas plantadas com árvores de Eucalipto e Pinus para o período que compreende os anos de 2010 a 2016 (Figura 11). A partir deste comportamento histórico, os especialistas pressupõem que um crescimento de 3,0% ao ano (mediana) para a área plantada com Eucalipto e 0,5% ao ano (mediana) para as áreas com plantio de Pinus, alcançando em 2030, cerca de 8.582.106 hectares e 1.698.913 hectares, nesta ordem.

Figura 11 - Evolução histórica e prospecção da área plantada com árvores de Eucalipto e Pinus (n=103)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

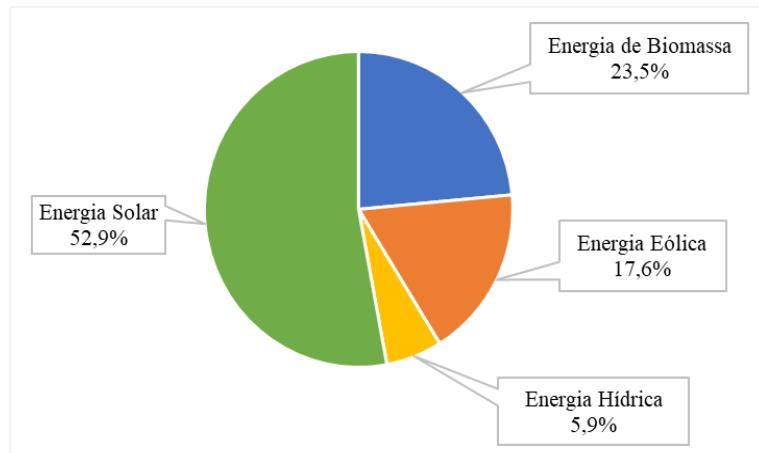
Conforme o artigo publicado na Revista Biomais (2018), um recente levantamento da Energy Outlook, financiado pela empresa americana Bloomberg, indicou “que o setor de biomassa deve receber US\$ 26 bilhões em investimentos no Brasil até 2040, e, assim como as gerações eólica e solar, a biomassa deverá se tornar um dos setores mais frutíferos na economia brasileira nas próximas décadas”. Apoiados a esta informação e com base no próprio

conhecimento (n=121), 38,0% dos especialistas presumem que a biomassa florestal aproveitará a oportunidade, como fonte de energia renovável no Brasil, de modo satisfatório, para 27,3% esse aproveitamento será razoável/médio, para 20,7% aproveitará muito a oportunidade, para 12,4% haverá pouco aproveitamento e para 1,7% esse aproveitamento será muito pouco.

Dentre as fontes de energia renovável, a energia solar tende a receber maiores investimentos no Brasil para 52,9% dos entrevistados nos próximos anos (até 2030), seguida pela energia de biomassa com 23,5%, energia eólica com 17,6% e energia hídrica com 5,9% (Figura 12). A energia geotérmica e das ondas marítimas não foram selecionadas por nenhum dos participantes da pesquisa.

Além disso, espera-se que um maior incentivo/montante de investimentos futuros (até 2030) destinados as fontes de energia renováveis no Brasil sejam aplicados na região Nordeste, com 44,6% das respostas, e, na região Sudeste, com 31,7% das indicações (Tabela 9).

Figura 12 - Perspectivas de investimentos em energia renovável no Brasil para os próximos anos (até 2030; n=119)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Tabela 9 - Expectativa de maiores investimentos nas regiões brasileiras (n=101)

Região Brasileira	n	%
Nordeste	45	44,6
Sudeste	32	31,7
Centro-Oeste	19	18,8
Norte	13	12,9
Sul	9	8,9
Não soube responder	6	5,9

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

Cerca de 29,5% dos entrevistados indicam que o fator limitante para a geração de energia a partir de biomassa florestal no Brasil está relacionada à carência de investimentos/incentivos público aplicados na pesquisa e na produção. A segunda maior limitação, com 16,5% das respostas, foi citado o alto custo de produção da biomassa atrelado ao baixo retorno econômico. A infraestrutura logística de escoamento de produção e integração da cadeia produtiva foi citada por 15,1% dos entrevistados, representando a terceira maior limitação. Os demais fatores limitantes indicados podem ser consultados na Tabela 10. No fator outros, os especialistas citaram a fiscalização inadequada e qualidade da biomassa florestal.

Tabela 10 - Principais fatores limitantes para a geração de energia a partir de biomassa florestal no Brasil (n= 139)

Fator limitante	n	%
Carência de investimentos/incentivos públicos à pesquisa e à produção	41	29,5
Alto custo de produção da biomassa atrelado ao baixo retorno econômico	23	16,5
Infraestrutura logística de escoamento de produção e integração da cadeia produtiva	21	15,1
Limitações de produção (tempo, área, tecnologia, oscilações de produtividade)	17	12,2
Desconhecimento sobre as potencialidades do uso de biomassa florestal	12	8,6
Concorrência com outras fontes de energia (renováveis e não-renováveis)	8	5,8
Dificuldades tecnológicas relacionadas ao uso da biomassa florestal	7	5,0
Baixa demanda da indústria para consumo da energia	5	3,6
Outros	2	1,4
Nãos souberam responder	3	2,2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

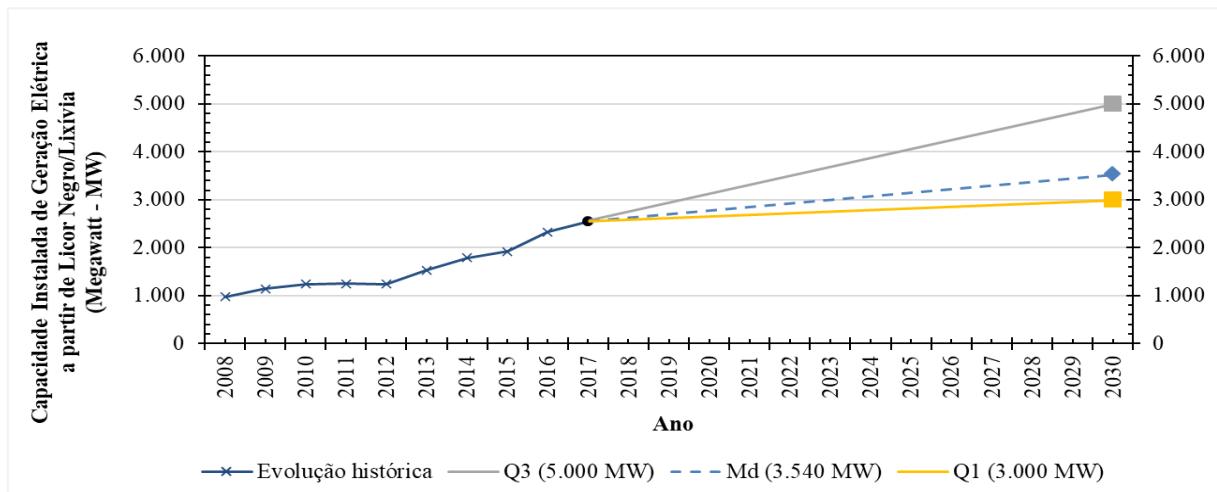
Nota: n é o número de respostas.

Em 2017, a biomassa, de modo geral, foi responsável pela produção de cerca de 14.505 megawatt (MW) de energia elétrica no Brasil, sendo bagaço de cana-de-açúcar (76,9%), licor negro (17,5%) e resíduos de madeira (3,05) as principais fontes (BEN, 2018). Nas Figura 13 e 14 pode-se acompanhar a evolução histórica (elaborada a partir de dados do Balanço Energético Nacional) bem como a prospecção da capacidade instalada de geração elétrica a partir de licor negro/lixívia e de resíduos de madeira.

A série histórica demonstra que houve uma taxa de crescimento de 11,3% ao ano no período de 2008 a 2017 para a geração de energia elétrica a partir de licor negro e em 2017 esta geração foi de 2.543 MW. Baseados nos dados históricos e na taxa de crescimento, os especialistas acreditam que a quantidade de energia produzida a partir de licor negro para o ano de 2030 no Brasil será de 3.540 MW (mediana) (Figura 13).

Para a capacidade instalada de geração elétrica a partir de resíduos de madeira, houve um crescimento de 6,1% ao ano entre os anos de 2008 e 2017, sendo que em 2017 houve uma produção de 431 MW de energia elétrica. Os entrevistados indicaram que a produção de energia elétrica utilizando resíduos de madeira será de 575 MW para o ano de 2030 (Figura 14).

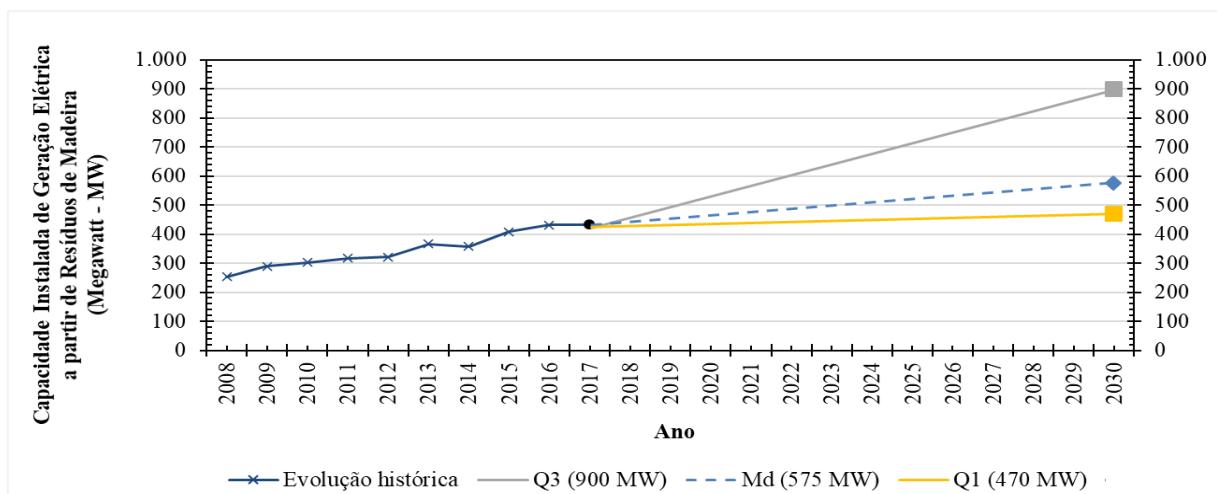
Figura 13 - Evolução histórica e prospecção da capacidade instalada de geração elétrica a partir de licor negro/lixívia (n=79)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Figura 14 - Evolução histórica e prospecção da capacidade instalada de geração elétrica a partir de resíduos de madeira (n=88)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.2.1 Fatores críticos ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas

No Brasil, alguns fatores são apontados como críticos ao aumento do plantio de florestas para finalidades energéticas e outros interferem na geração de energia de biomassa. Considerando-se essa observação, os entrevistados selecionaram qual das opções a seguir, no que tange ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, conheciam mais do assunto: produção florestal; uso da biomassa na indústria; ou ambos, uso da biomassa na indústria ou produção florestal. Dos 156 entrevistados, 68 respondentes optaram pela produção florestal, 58 pelo uso da biomassa na indústria, e apenas 28 preencheram o questionário para as duas opções, ou seja, para a produção florestal e uso da biomassa na indústria.

De acordo com a Tabela 11, os fatores mais importantes para o aumento da produção florestal para finalidades energéticas são o avanço ou adequação tecnológica ao cultivo de florestas energéticas e a disponibilidade de crédito para plantios florestais, ambos com grau de importância 9,0 (mediana). Para o uso de biomassa na indústria, com exceção do fator denominado como tratamento adequado aos resíduos industriais que apresentou um grau de importância 7,0 (mediana), todos os outros foram classificados com grau de importância 9,0 (mediana).

Por fim, os especialistas respondentes fizeram sugestões de demanda de pesquisa (Tabela 12), de necessidade de política pública (Tabela 13) e de investimentos (Tabela 14) que poderiam contribuir para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas. Com 27,3%, a maioria dos entrevistados sugeriu melhorias tecnológicas nos processos de conversão em energia como demanda de pesquisa (Tabela 12).

Tabela 11 - Grau de importância dos principais fatores relacionados à produção florestal e ao uso da biomassa na indústria, considerando o cenário futuro de 2030 (n=154)

Fator	n	Média	Mediana	Q1	Q3
Preço da terra	95	7,7	8,0	7,0	9,0
Disponibilidade de terra para uso florestal	96	7,0	7,0	5,0	9,0
Disponibilidade de espécies florestais adequadas para uso energético	96	6,6	7,0	5,0	9,0
Avanço ou adequação tecnológica ao cultivo de florestas energéticas	94	7,7	9,0	7,0	10,0
Adequação dos plantios florestais à legislação ambiental	96	7,1	7,0	5,0	9,0
Pressões sociais e ambientais quanto ao uso da terra com plantios homogêneos	96	6,9	7,0	5,0	9,0
Disponibilidade de crédito para plantios florestais	96	8,1	9,0	7,0	10,0
Disponibilidade de mão de obra para realização de atividades florestais	96	6,7	7,0	5,0	9,0
Tecnologia de colheita florestal adaptada para maximizar o aproveitamento da biomassa disponível na floresta	94	7,6	8,0	6,0	10,0
<u>Disponibilidade de água (pluvial) para cultivo florestal</u>	<u>80</u>	<u>7,3</u>	<u>8,0</u>	<u>5,0</u>	<u>10,0</u>
Comportamento do preço de outras fontes alternativas à biomassa para geração de energia	86	8,6	9,0	8,0	10,0
Custo da biomassa como matéria prima para geração de energia	86	8,2	9,0	7,0	10,0
Disponibilidade de biomassa para finalidades energéticas	86	8,1	9,0	7,0	10,0
Qualidade da biomassa para finalidades energéticas	86	8,2	9,0	7,0	10,0
Tratamento adequado aos resíduos industriais	84	7,5	7,0	7,0	9,0
Tecnologia de geração de energia a partir da biomassa	85	8,3	9,0	8,0	10,0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) O grau de importância foi avaliado considerando uma escala de 0 a 10, sendo 0 para sem importância e 10 para extremamente importante. 2) n é o número de respostas. 3) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 12 - Sugestões de demanda de pesquisa que contribuiriam para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=154)

Demandas de pesquisa	n	%
Melhorias tecnológicas nos processos de conversão em energia	42	27,3
Melhoramento genético de espécies (mais adaptados às diferentes regiões)	32	20,8
Avanços tecnológicos aplicados à produção florestal	30	19,5
Aperfeiçoamento da qualidade dos produtos oriundos da biomassa florestal	16	10,4
Custos de produção, transporte e rentabilidade	13	8,4
Redução dos impactos socioambientais	5	3,2
Existência de investimentos/incentivos (pequenos produtores, ILPF)	5	3,2
Recuperação de áreas para plantio	3	1,9
Disponibilidade e quantificação de biomassa florestal	2	1,3
Esclarecimento referente às oportunidades dos créditos de carbono	1	0,6
Não souberam responder	5	3,2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: n é o número de respostas.

Aproximadamente metade, ou seja, 51,9% dos especialistas respondentes sugeriram, como necessidade de política pública, os incentivos governamentais, tais como o acesso a financiamentos e subsídios, redução de impostos sobre empresas que tenham relação com práticas associadas às energias renováveis, além de incentivos à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias (Tabela 13).

Tabela 13 - Sugestões de necessidade de política pública que contribuiriam para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=154)

Necessidade de política pública	n	%
Incentivos governamentais*	80	51,9
Desenvolvimento e estabilização do mercado de consumo**	29	18,8
Adequação da legislação ambiental	23	14,9
Incentivo ao pequeno produtor, a agricultura familiar e ao manejo sustentável	9	5,8
Maneiras de conscientizar e orientar a população sobre o uso	5	3,2
Atendimento à legislação vigente	2	1,3
Uso de energia renovável em instituições públicas	1	0,6
Não souberam responder	5	3,2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) n é o número de respostas. 2) * Acesso a financiamentos e subsídios, redução de impostos sobre empresas que tenham relação com práticas associadas às energias renováveis, além de incentivos à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. 3) ** Políticas energéticas, desburocratização e mecanismos de segurança jurídica para investidores, incluindo instrumentos que facilitem e incentivem os investimentos privados.

Como necessidade de investimento, 22,5% dos respondentes apontaram as novas tecnologias de produção e de pesquisa, e, outros 22,5% citaram a aplicação em manejo adequado da produção incluindo silvicultura de precisão (Tabela 14).

Tabela 14 - Sugestões de necessidade de política pública que contribuiriam para uma maior oferta e demanda de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=151)

Necessidade de investimento	n	%
Novas tecnologias de produção e de pesquisa*	34	22,5
Manejo adequado da produção incluindo silvicultura de precisão	34	22,5
Parcerias público-privadas e políticas voltadas para o uso de biomassa florestal**	26	17,2
Ampliação das indústrias geradoras existentes e da capacidade de geração de energia de biomassa em regiões com abundância em matéria-prima	21	13,9
Estimular novas maneiras de consumo***	20	13,2
Investimento em infraestrutura e logística	8	5,3
Estímulos ao desenvolvimento da cadeia em novas áreas, incluindo incentivos aos pequenos produtores	6	4,0
Não souberam responder	2	1,3

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) n é o número de respostas. 2) * Incluindo melhor eficiência na conversão da biomassa em energia, com destaque para as vantagens do uso de biomassa florestal. 3) ** Como redução de impostos e disponibilidade de crédito e facilitação por parte da legislação. 4) *** Incluindo novas plantas industriais e rede para receber a energia gerada, a estabilidade de demanda e preço adequado para o produto, bem como a divulgação das potencialidades do produto.

4.3 PROSPECÇÃO PARA AS REGIÕES BRASILEIRAS

No terceiro bloco, os especialistas responderam questões com o objetivo de identificar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando as diferentes regiões brasileiras. Como resultado, obteve-se a prospecção para a produção de lenha e de carvão vegetal, ambos de silvicultura, na qual as tendências variam de uma região para a outra. Contudo observa-se que os especialistas indicaram uma produção constante dessas matérias-primas e um considerável aumento da produção de lenha e carvão da silvicultura. Cabe ressaltar que os dados da evolução histórica são provenientes do trabalho de Simioni et al. (2017) e foram atualizados via Pesquisa da Produção de Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) efetuada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A última questão deste bloco, direcionava o entrevistado, de acordo com a sua resposta, para o quarto bloco com questões específicas para a região do Brasil em que o especialista atua ou possui experiência no ramo de biomassa florestal para finalidades energéticas. A partir das 123 respostas obtidas, pode-se observar na Tabela 15 que a principal região de atuação dos entrevistados foi a Sul, totalizando 39,8%, seguida da Sudeste, com 22,8%.

Tabela 15 - Distribuição das respostas pelas regiões brasileiras

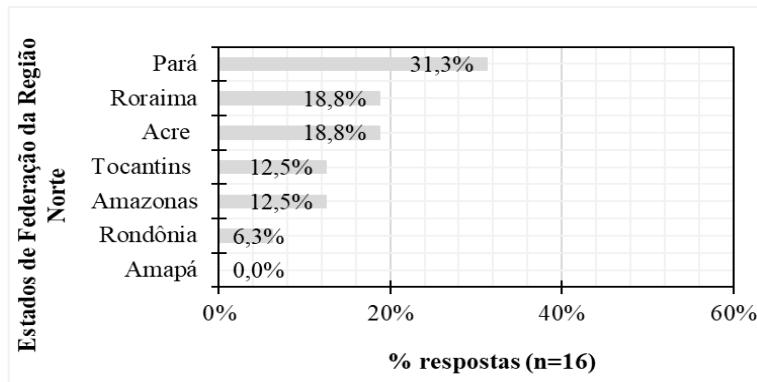
Região Brasileira	Número de respostas	% (n=123)
Norte	16	13,0
Nordeste	16	13,0
Centro-Oeste	14	11,4
Sudeste	28	22,8
Sul	49	39,8

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

4.3.1 Região Norte

Percebe-se na Figura 15 que o estado com maior número de respostas para a região Norte foi o Pará, com 31,3%, seguido pelos estados de Roraima e Acre, ambos representaram 18,8% das respostas para a região. Apesar disso, nenhum dos estados atingiu o mínimo de respostas estabelecido na metodologia desta pesquisa (item 3.6).

Figura 15 - Distribuição das respostas pelos Estados da Federação da região Norte



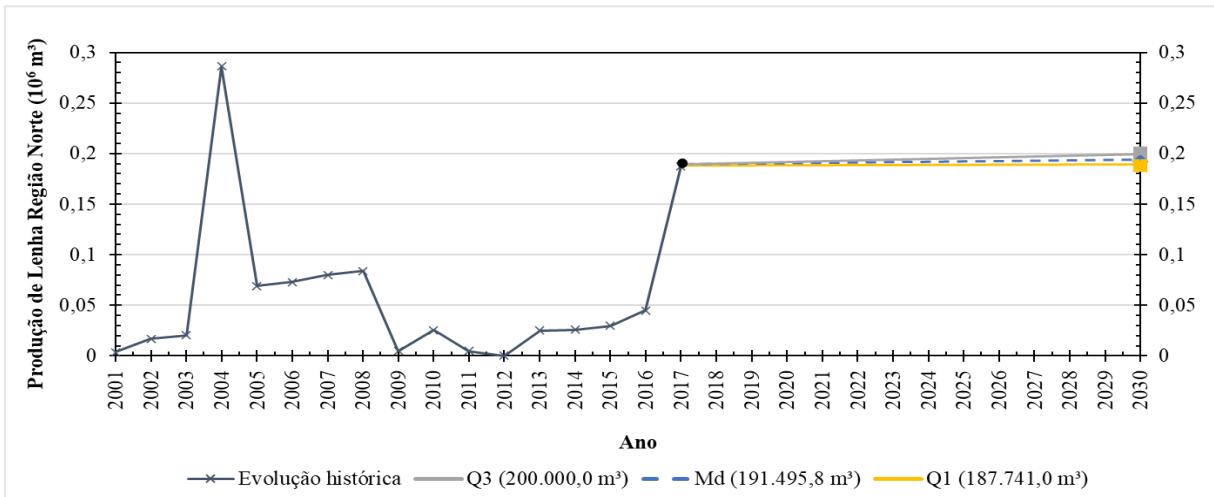
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

Na região Norte, em 2017 a produção de lenha da silvicultura foi de 187.741 m³, contudo o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha da silvicultura nesta região (Figura 16). Pode-se observar na Figura 16, a prospecção de uma produção de lenha de silvicultura de aproximadamente 191.495,8 m³ (mediana) para o ano de 2030, segundo os especialistas.

Apesar do quadro histórico também não indicar tendência de futuro, em 2017 a produção de carvão vegetal da silvicultura foi de 142 toneladas (Figura 17). Para 2030, os especialistas projetaram uma produção semelhante, de aproximadamente 143,1 toneladas (mediana).

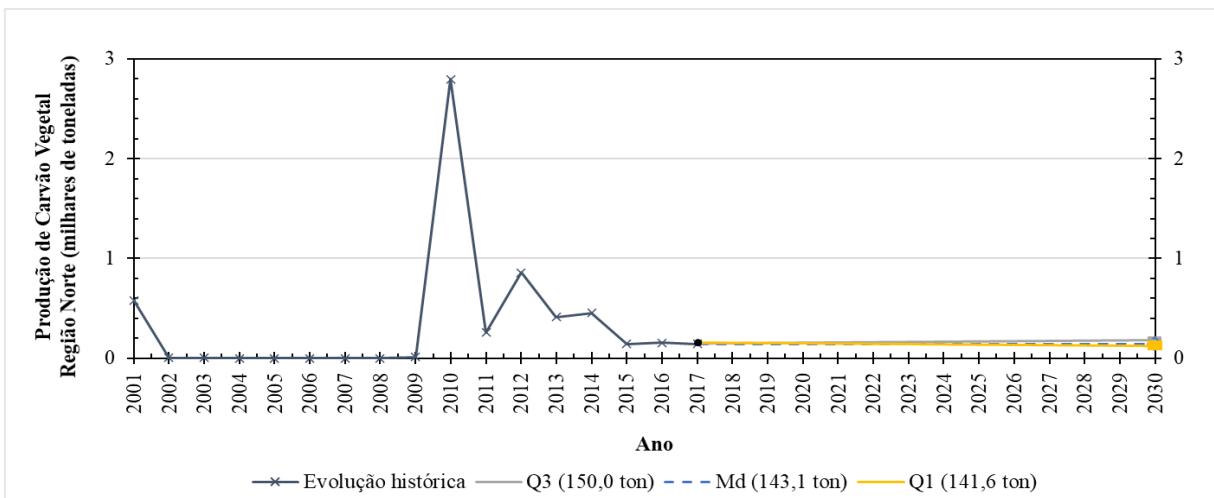
Figura 16 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Norte (n=82)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Figura 17 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Norte (n=80)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2017, os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas, cerca de 72% do total, seguido dos plantios de pinus que ocuparam 1,6 milhão de hectares. A acácia, a teca, a seringueira e o paricá estão entre as outras espécies mais plantadas no país. Neste cenário, a maioria dos entrevistados espera que, segundo a Tabela 16, haverá um alto crescimento dos plantios de eucalipto para finalidade energéticas na região Norte. Além das espécies de árvores plantadas indicadas na

Tabela 16, os entrevistados também indicaram o babaçu, o mogno africano, o espinheiro-preto, o pau-mulato (ou mulateiro), o pinus, o tachi/taxi e a tatajuba.

O potencial de avanço da região Norte perante o cenário brasileiro para a utilização de biomassa florestal para fins energéticos (n=16) tende a apresentar um baixo crescimento para 56,3% e, um alto crescimento para 25,0% dos respondentes. Os 18,8% restantes encontram-se divididos, de forma igualitária, entre constante, baixa redução e alta redução.

Tabela 16 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Norte

Espécies de árvores plantadas	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	16	0	0	2	3	11
Teca	16	1	0	5	5	5
Acácia	15	4	1	6	3	1
Seringueira	16	3	1	4	8	0
Paricá	16	1	2	6	4	3

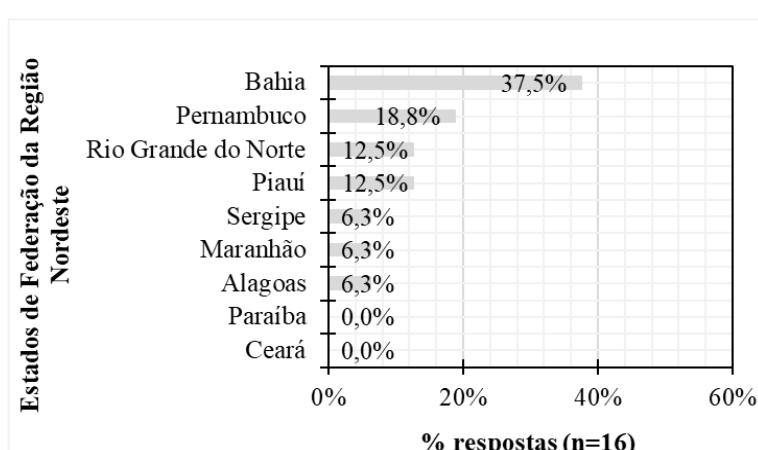
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

4.3.2 Região Nordeste

Para esta região, conforme demonstrado na Figura 18, o estado com maior representatividade em número de respostas foi a Bahia, apresentando 37,5% do total de 16 respostas. Os estados de federação pertencentes a região Nordeste não apresentaram o mínimo de respostas estabelecido na metodologia desta pesquisa (item 3.6).

Figura 18 - Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da região Nordeste



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

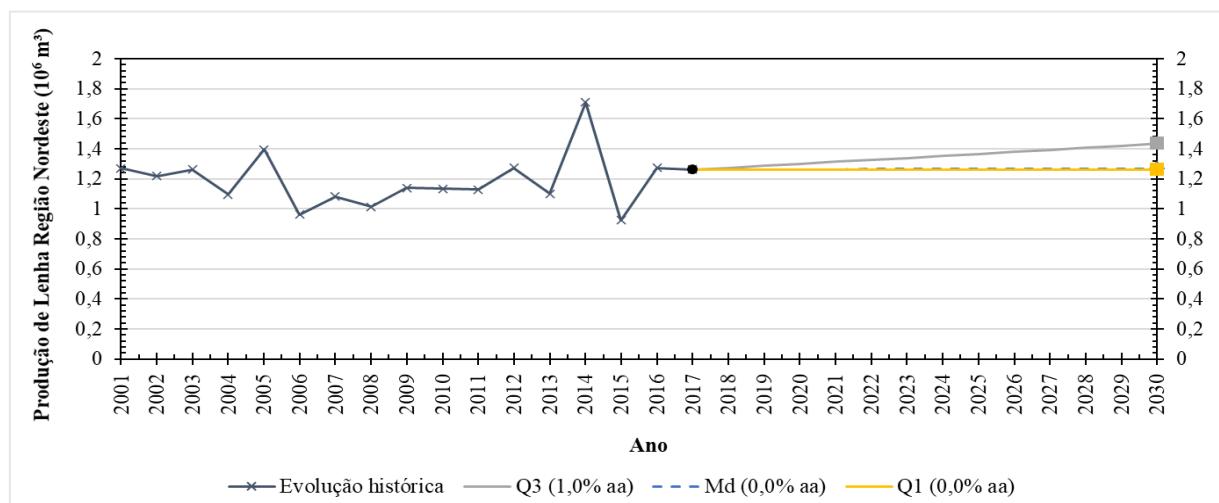
Nota: n é o número de respostas.

Com base na evolução histórica da Figura 19, entre os anos de 2001-2017 houve um decréscimo de 0,05% ao ano na produção de lenha de silvicultura para a região Nordeste. Nesta mesma Figura pode-se verificar que a expectativa é de que produção de lenha de silvicultura para a região se mantenha constante, ou seja, um crescimento de 0,0% ao ano (mediana) até 2030.

Já para a produção de carvão vegetal, entre os anos de 2001 e 2016, a taxa de crescimento foi de 11,2% ao ano e, no último ano (2016-2017), houve um decréscimo de 47,29%. Observa-se na Figura 20 que a expectativa dos especialistas para os próximos anos é de um crescimento de 1,0% ao ano (mediana) até 2030.

Na região Nordeste tem-se a expectativa de um alto crescimento dos plantios para finalidades energéticas empregando o eucalipto como espécie (Tabela 17). Quanto ao pinheiro manso, os especialistas acreditam que os plantios se manterão constantes ou haverá um baixo crescimento. Como outras potenciais espécies a serem utilizadas para a produção de energia, citaram a algaroba, o amendoim-bravo, a catanduva, o caneleiro, a jurema, a nem/nim, o pau branco, o sabiá e a unha de gato.

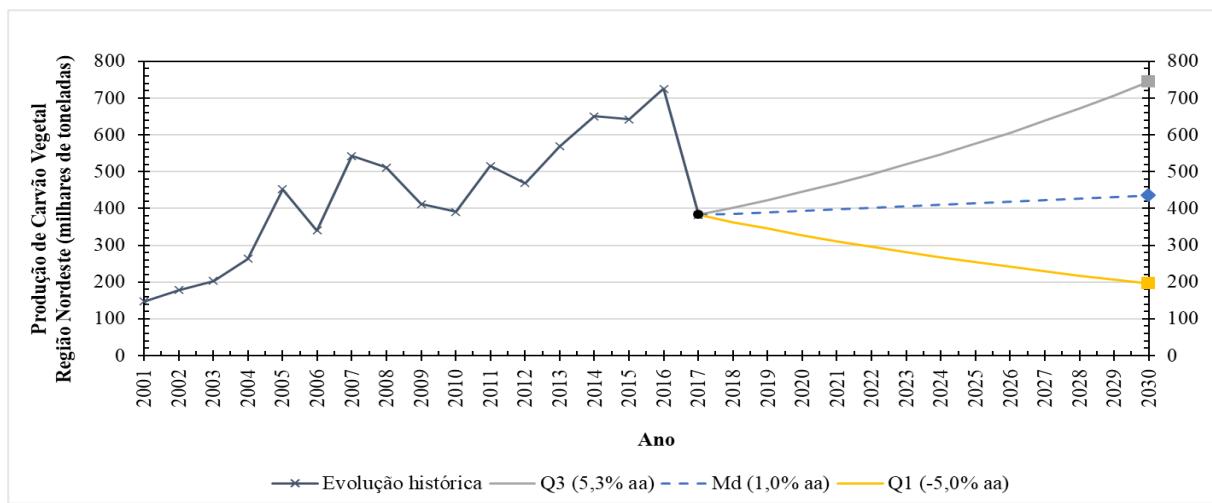
Figura 19 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Nordeste (n=92)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Figura 20 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Nordeste (n=84)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 17 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Nordeste

Espécies de árvores plantadas	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	16	0	1	0	4	11
Pinhão manso	15	1	1	7	6	0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

Diante do cenário brasileiro para a utilização de biomassa florestal para fins energéticos, a região Nordeste tende a apresentar um alto crescimento para 56,3% dos respondentes, um baixo crescimento para 18,8%, se manterá constante para 12,5% e 12,6% dos entrevistados encontram-se separados, de forma semelhante, entre baixa e alta redução (n=16).

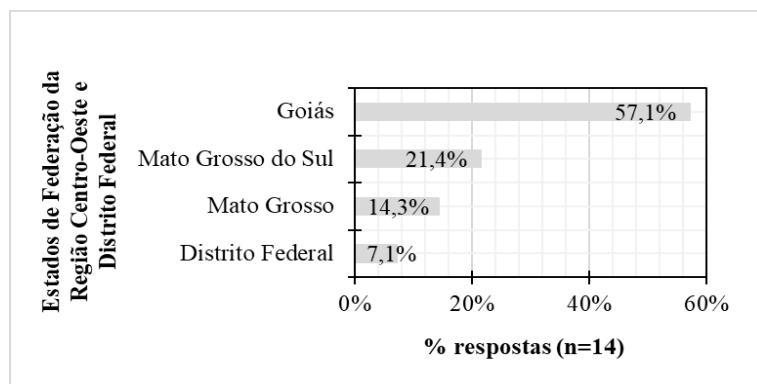
Na região Nordeste destaca-se a produção de cana-de-açúcar. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), a produção de açúcar no Brasil foi de 38,1 milhões de toneladas em 2017. Neste mesmo ano, os derivados da cana-de-açúcar representaram 17% da oferta interna de energia renovável (42,9%) do País. Neste contexto, os especialistas também avaliaram (n=16), por meio de uma escala de 0 a 10, sendo 0 para quase nulo e 10 para extremamente elevado, o potencial da produção de lenha e do carvão vegetal para finalidades energéticas, em relação a cana-de-açúcar para 2030. As respostas possibilitaram o cálculo da mediana, o primeiro e o terceiro quartil, resultando em 7,5; 7,0 e 8,0; respectivamente. De certo

modo, tem-se uma expectativa elevada de crescimento da produção de lenha e do carvão vegetal para estes fins para o período analisado.

4.3.3 Região Centro-Oeste

Incluindo o Distrito Federal, o estado com maior retorno de respostas da região foi Goiás, com 57,1% (Figura 21). Sendo este também, o único estado de federação que apresentou o mínimo de respostas estabelecido na metodologia desta pesquisa (item 3.6) para a supracitada região brasileira.

Figura 21 – Distribuição das respostas pelos Estados de Federação da região Centro-Oeste e Distrito Federal



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).
Nota: n é o número de respostas.

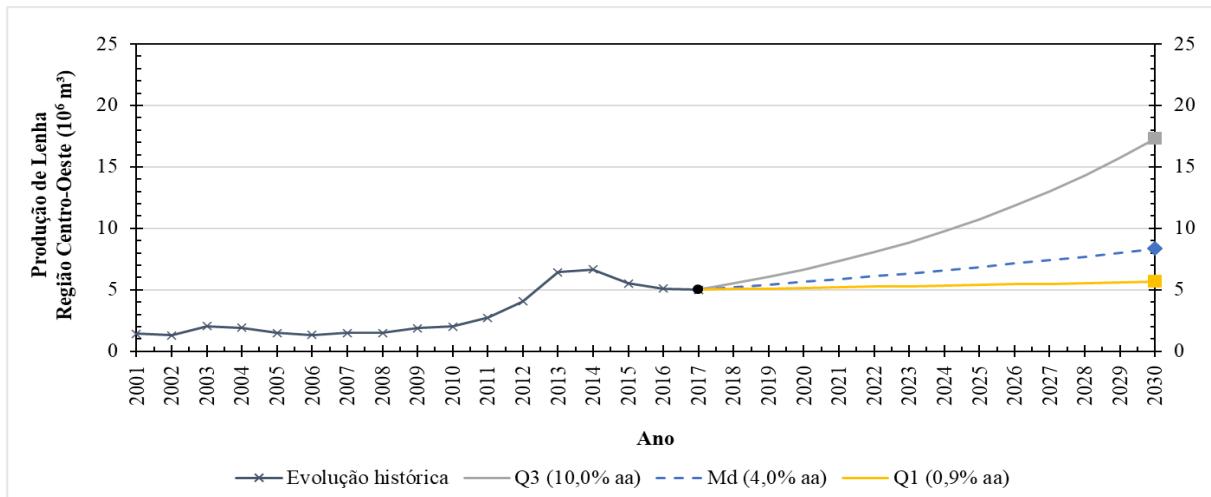
Constata-se, a partir da *Figura 22*, que entre os anos de 2001 e 2014 a taxa de crescimento foi de 12,6% ao ano e que nos três últimos anos (2014-2017) houve um decréscimo de 9,0% ao ano. Para os próximos anos, até 2030, os especialistas possuem uma expectativa de crescimento de 4,0% ao ano (mediana).

Entre os anos de 2001 e 2017, houve um decréscimo de 5,0% ao ano para a produção de carvão vegetal de silvicultura. Observa-se na *Figura 23* que a expectativa dos especialistas para os próximos anos é de um crescimento de 2,0% ao ano (mediana) até 2030.

Apenas para o eucalipto os especialistas indicaram um alto crescimento sobre os plantios para finalidades energéticas nos próximos anos para a região Centro-Oeste (Tabela 18). Como outras potenciais espécies a serem aplicadas para este fim, apontaram a acácia, a aroeira e o tachi/taxi.

Considerando o cenário brasileiro para a utilização de biomassa florestal para fins energéticos, a região Centro-Oeste tende a apresentar um alto crescimento para 42,9% dos respondentes, um baixo crescimento para 28,6%, e, se manterá constante para 28,6% (n=14).

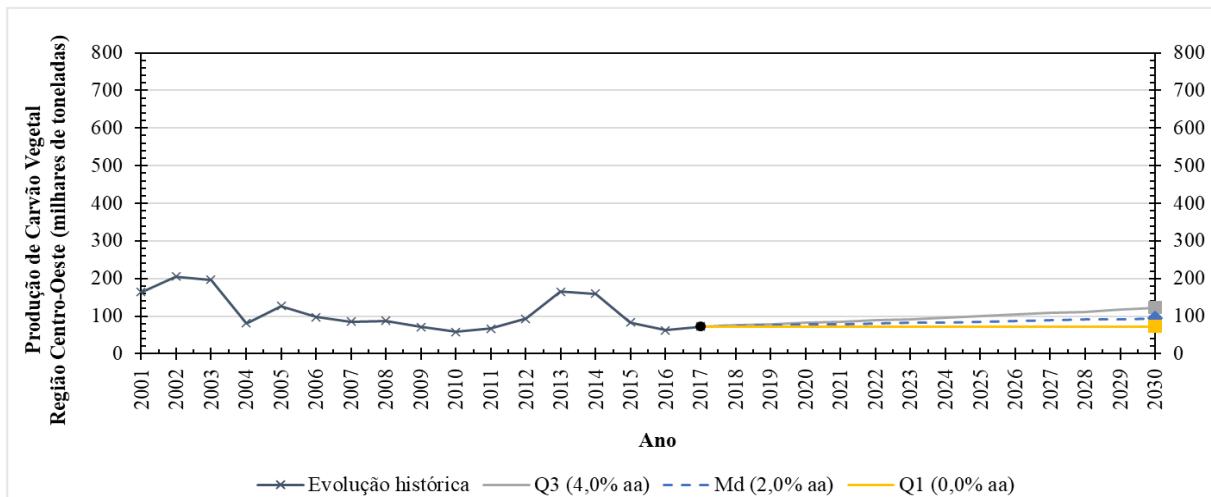
Figura 22 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Centro-Oeste (n=90)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Figura 23 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Centro-Oeste (n=85)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 18 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Centro-Oeste

Espécies de árvores plantadas	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	14	1	2	1	3	7
Pinus	14	2	5	6	1	0
Paricá	14	6	0	6	2	0
Teca	14	4	2	5	3	0
Seringueira	14	2	2	6	4	0

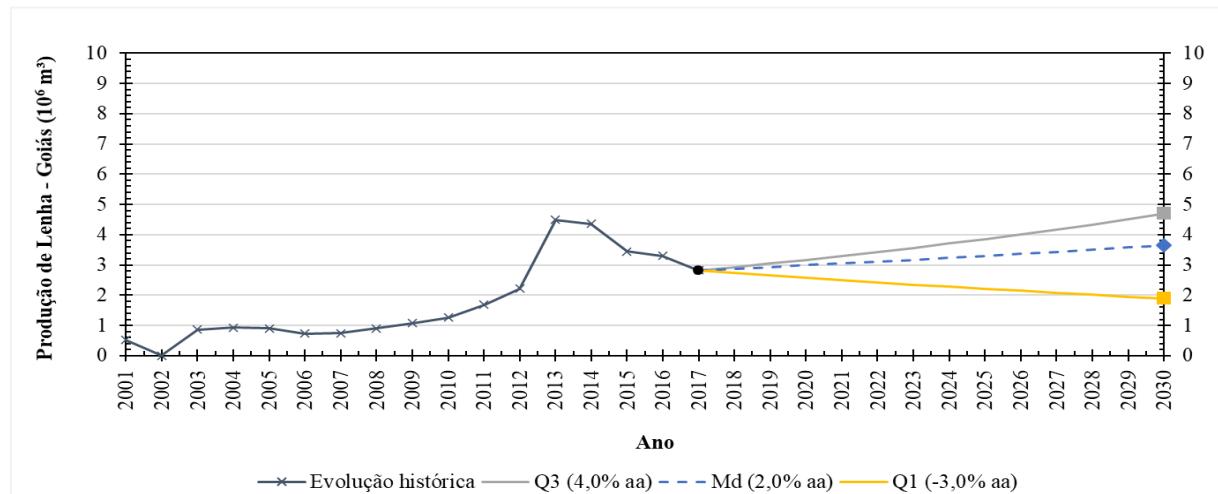
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

4.3.3.1 Goiás

De acordo com a evolução histórica da produção de lenha da silvicultura para o estado de Goiás, entre 2001 e 2017, verificou-se um crescimento de 11,2% ao ano (Figura 24). Para os próximos anos, até 2030, há uma expectativa dos entrevistados de um crescimento de 2,0% ao ano, com uma produção de 3.646.762 m³ de lenha de silvicultura em 2030.

Figura 24 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado de Goiás (n=7)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

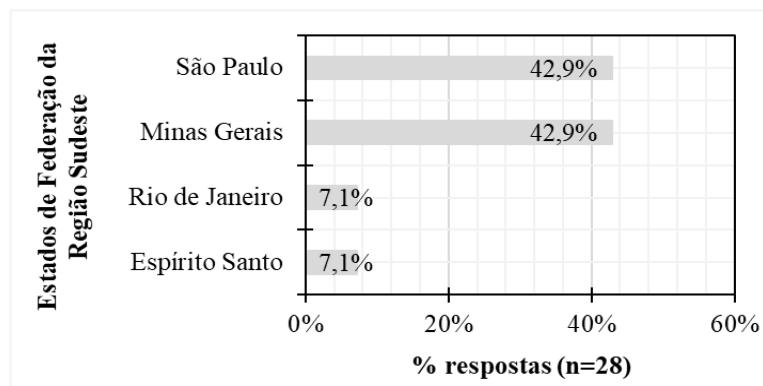
Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.3.4 Região Sudeste

Na região Sudeste, os estados de Minas Gerais e São Paulo apresentaram uma maior representatividade no número de respostas, ambos com 42,9%, ou seja, 12 respostas cada (

Figura 25). Os demais estados, Rio de Janeiro e Espírito Santo, corresponderam a 7,1% (cada) das respostas da região, somente 2 respostas para cada estado, não apresentando assim, o número mínimo de respostas estabelecido na metodologia desta pesquisa (item 3.6).

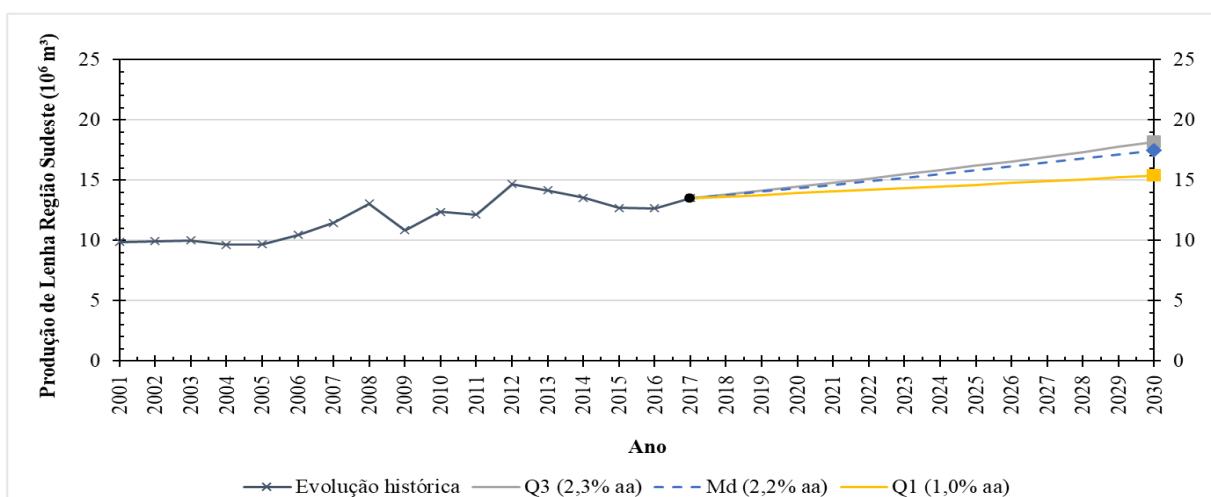
Figura 25 - Distribuição das respostas pelos Estados da Federação da região Sudeste



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Segundo a evolução histórica da Figura 26, entre os anos de 2001 e 2017, a taxa de crescimento na produção de lenha de silvicultura foi de 2,0% ao ano. Para os próximos anos (até 2030), os especialistas acreditam que a tendência permanecerá próximo a esta taxa de crescimento, ou seja, cerca de 2,2% ao ano (mediana).

Figura 26 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Sudeste (n=92)



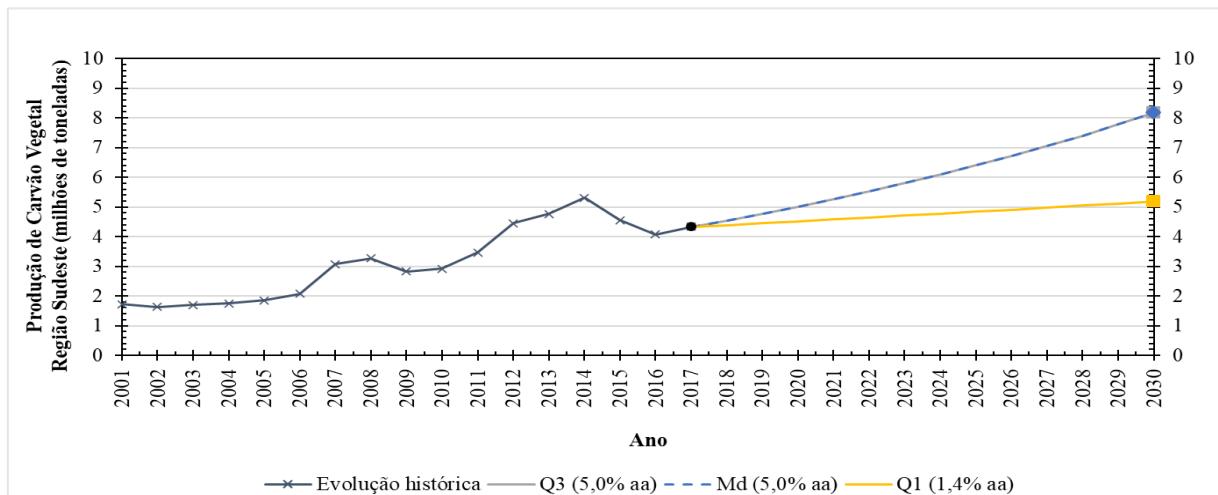
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Para a produção de carvão vegetal de silvicultura, nos anos de 2001 a 2014, a taxa de crescimento foi de 9,0% ao ano e nos últimos três anos (2014-2017) houve um decréscimo de 6,6% ao ano (Figura 27). Espera-se para os próximos anos, por parte dos especialistas, uma taxa de crescimento de 5,0% ao ano (mediana).

Para 23 especialistas entrevistados (n=28), conforme a Tabela 19, há uma expectativa de baixo a alto crescimento dos plantios para finalidades energéticas na região Sudeste utilizando o eucalipto como espécie florestal. Como outras potenciais espécies para florestas plantadas para finalidades energéticas, citaram a acácia, o angico, a macaúba, o bambu, a bracatinga, o corimbias, o paricá e a seringueira.

Figura 27 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Sudeste (n=88)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 19 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Sudeste

Espécies de árvores plantadas	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	28	0	0	5	10	13
Pinus	25	4	6	8	5	2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

Comparando a região com o cenário brasileiro, verificou-se, com base nas respostas dos especialistas entrevistados, que existe um potencial da utilização de biomassa para fins energéticos variando entre constante, baixo e alto crescimento. Para 35,7% dos entrevistados,

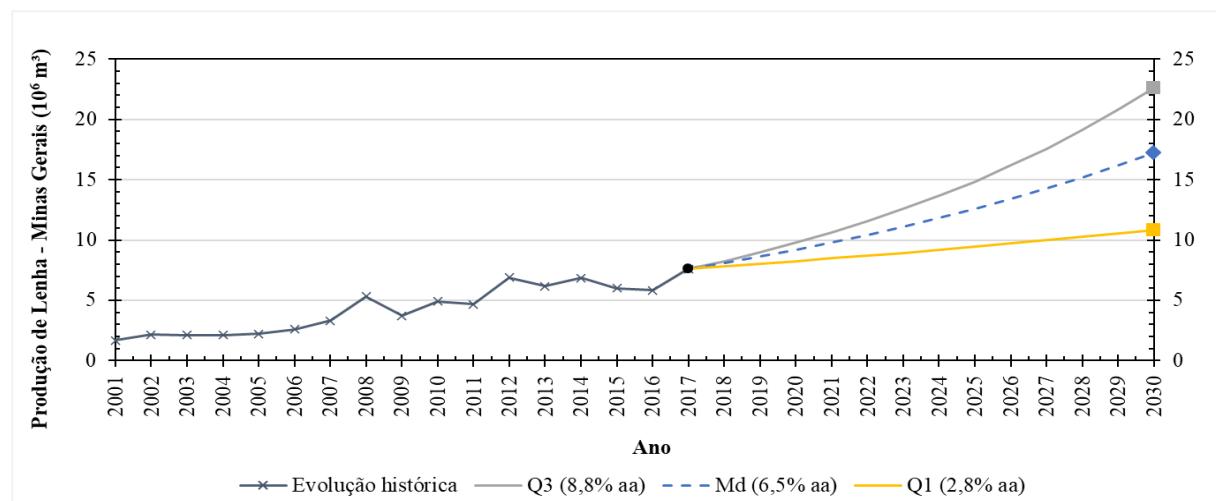
existe um potencial de alto crescimento, para 28,6% um baixo crescimento, para 28,6% se manterá constante e apenas 3,6% indicaram uma baixa redução (n=28).

Ademais, neste bloco, considerando que a região também destaca-se na produção de açúcar, os respondentes avaliaram (n=27), por meio de uma escala de 0 a 10, sendo 0 para quase nulo e 10 para extremamente elevado, o potencial da produção de lenha e do carvão vegetal para finalidades energéticas, em relação a cana-de-açúcar para 2030. As respostas permitiram calcular a mediana, o primeiro e o terceiro quartil, resultando em 7,0; 5,0 e 8,0; respectivamente. Analisando este resultado, percebe-se uma expectativa moderada do crescimento da produção de lenha e de carvão vegetal para esta utilidade.

4.3.4.1 Minas Gerais

Na série histórica da Figura 28, verificou-se, entre 2001 e 2017, um crescimento de 9,9% ao ano no estado de Minas Gerais. A expectativa dos especialistas é de que o crescimento será de 6,5% ao ano (mediana) até 2030, alcançando uma produção de lenha de silvicultura de 17.234.379 m³.

Figura 28 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado de Minas Gerais (n=10)



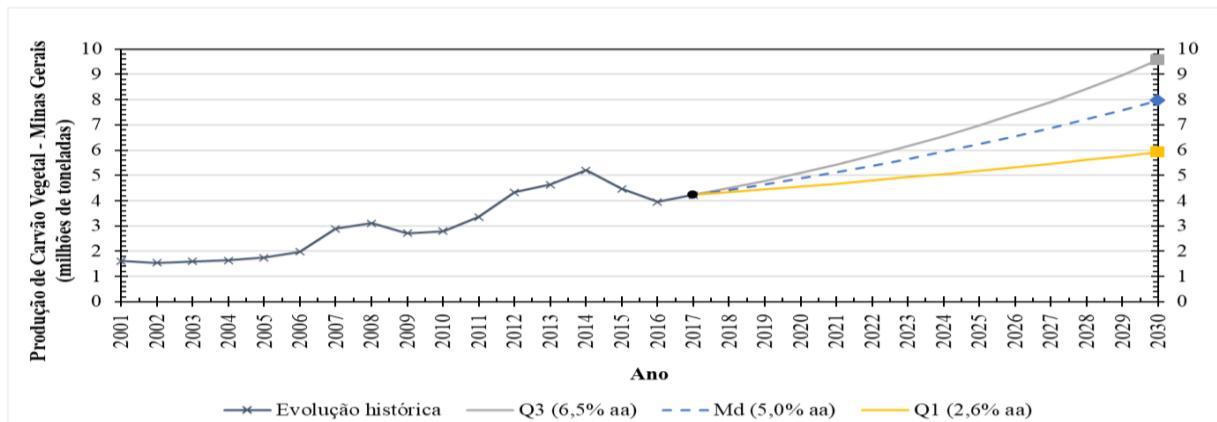
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Para a produção de carvão vegetal neste estado, observa-se na Figura 29, que entre os anos de 2001 e 2014, houve um crescimento de 9,4% ao ano e nos anos de 2014 a 2017 um decréscimo de 6,73%. Considerando esse cenário, a expectativa dos especialistas é de um

crescimento de 5,0% ao ano (mediana) até 2030, atingindo uma produção de carvão vegetal de silvicultura de 7.957.564 toneladas.

Figura 29 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para o estado de Minas Gerais (n=10)



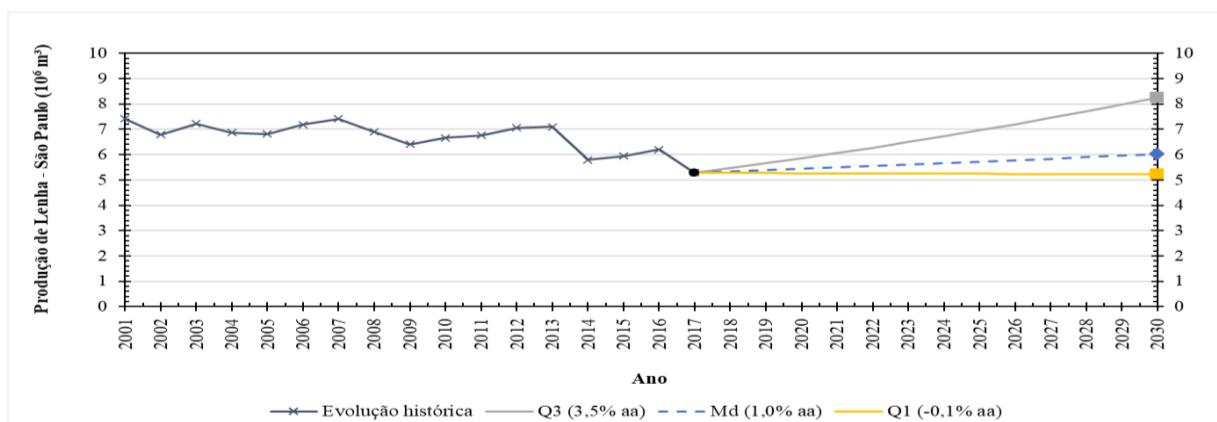
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.3.4.2 São Paulo

Constata-se, a partir da evolução histórica da Figura 30, que entre os anos de 2001 e 2017 houve um decréscimo de 2,1% ao ano. Para os próximos anos, até 2030, a expectativa dos especialistas é de um crescimento de 1,0% ao ano (mediana), alcançando uma produção de lenha de silvicultura de 6.013.292 m³.

Figura 30 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado de São Paulo (n=8)



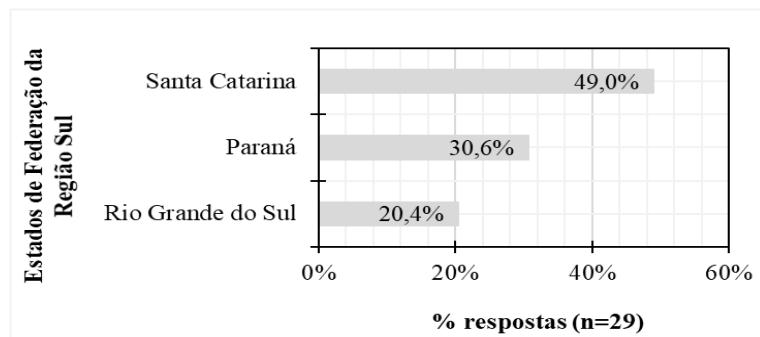
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.3.5 Região Sul

Esta região destacou-se, entre as demais, pelo número total de respostas. Os três estados apresentam a quantidade mínima de respostas estabelecida na metodologia desta pesquisa (item 3.6). O estado de Santa Catarina obteve o maior percentual de respostas, totalizando 49,0%, seguido pelo Paraná com 30,6% e Rio Grande do Sul com 20,4% (Figura 31).

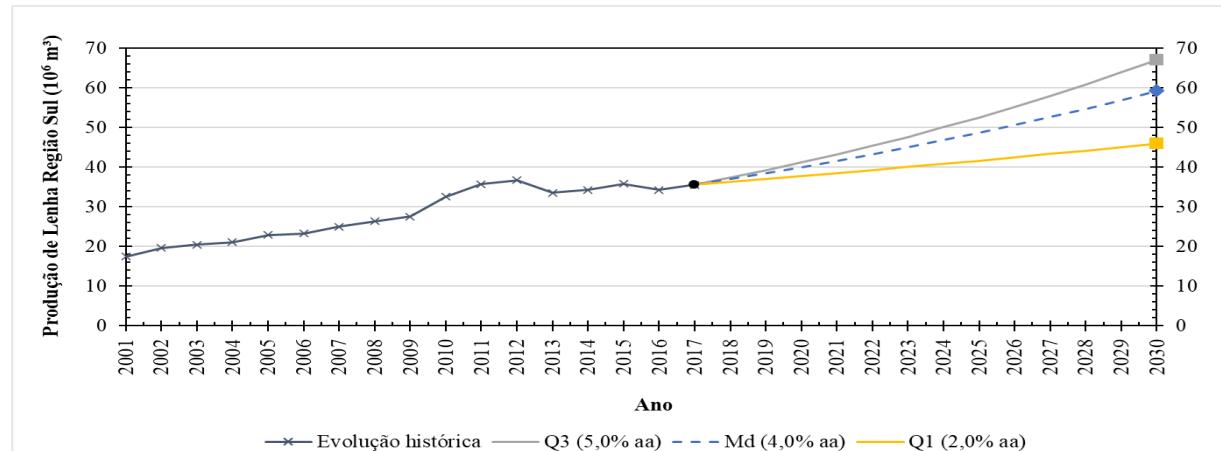
Figura 31 - Distribuição das respostas pelos Estados da Federação da Região Sul



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Com base na evolução histórica da Figura 32, entre os anos de 2001 e 2017, a taxa de crescimento anual da produção de lenha de silvicultura para a região Sul foi de 4,5%. Verifica-se, nesta mesma Figura, que a expectativa é de um comportamento semelhante nos próximos anos, ou seja, um crescimento de 4,0% ao ano (mediana) na produção de lenha de silvicultura para a região.

Figura 32 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para a região Sul (n=93)



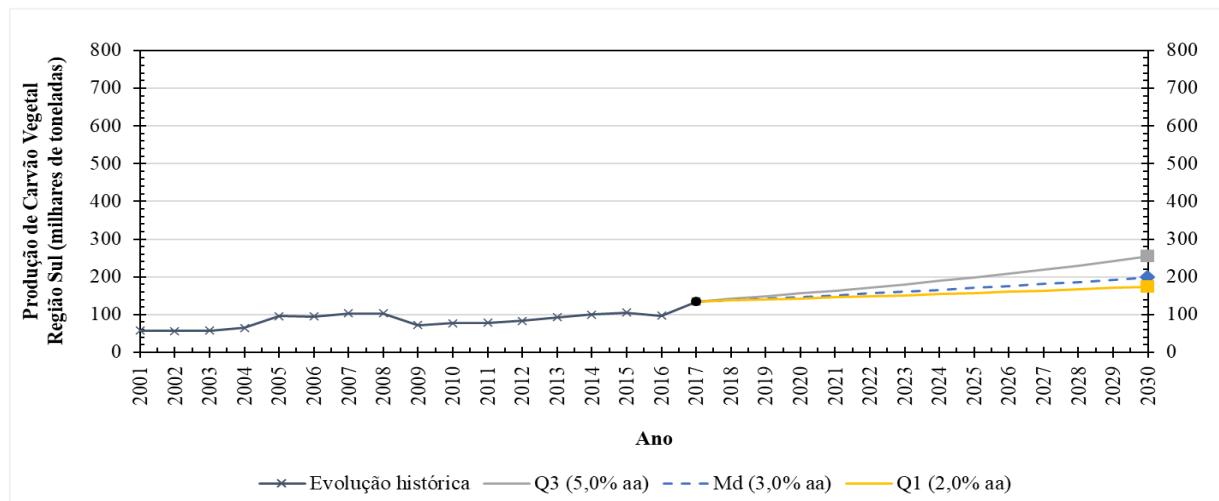
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

A produção de carvão vegetal, por sua vez, obteve uma taxa de crescimento de 5,5% ao ano durante o período que compreende os anos de 2001 e 2017. A expectativa dos entrevistados, indica uma tendência de crescimento de 3,0% ao ano (mediana) até 2030 (Figura 33).

Os resultados da Tabela 20 evidenciam que, para 44 especialistas entrevistados (n=47), existe uma expectativa de baixo a alto crescimento dos plantios para finalidades energéticas na Região Sul empregando a espécie eucalipto. Como outras potenciais espécies para florestas plantadas para finalidades energéticas, citaram o angico-vermelho, o bambu, a bracatinga e o cedro australiano. Destaca-se que além de espécies exóticas, os especialistas também sugeriram espécies nativas, como por exemplo, a bracatinga.

Figura 33 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para a região Sul (n=89)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 20 - Expectativa dos plantios para finalidades energéticas na região Sul

Espécies de árvores plantadas	n	Número de respostas				
		Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	47	0	0	3	20	24
Pinus	47	3	8	10	22	4
Acácia	44	1	6	18	16	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: n é o número de respostas.

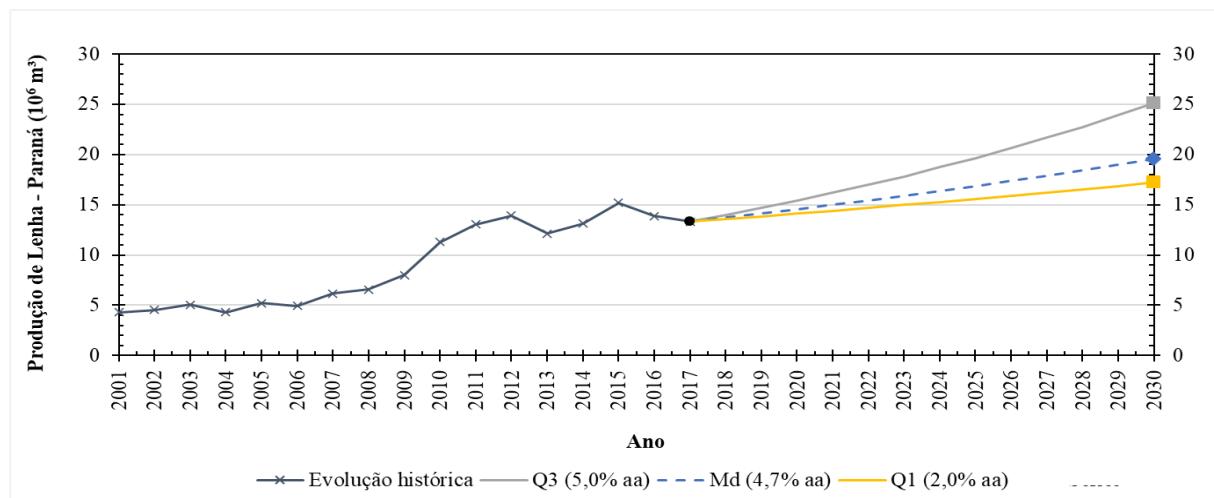
Perante o cenário brasileiro, a região Sul apresentará um baixo crescimento no potencial para o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas para 58,3% dos especialistas, um

alto crescimento para 27,1%, se manterá constante para 10,4% e haverá uma baixa redução da participação da região para 4,2% (n=48).

4.3.5.1 Paraná

Analizando-se os dados da Figura 34, entre os anos de 2001 e 2015 houve um crescimento de 9,4% ao ano e nos anos de 2015 a 2017 um decréscimo de 6,4% ao ano. Nos próximos anos, até 2030, tem-se a expectativa, por parte dos especialistas entrevistados, de um crescimento de 4,7% ao ano (mediana), alcançando uma produção de 19.541.896 m³ de lenha de silvicultura.

Figura 34 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para o estado do Paraná (n=13)



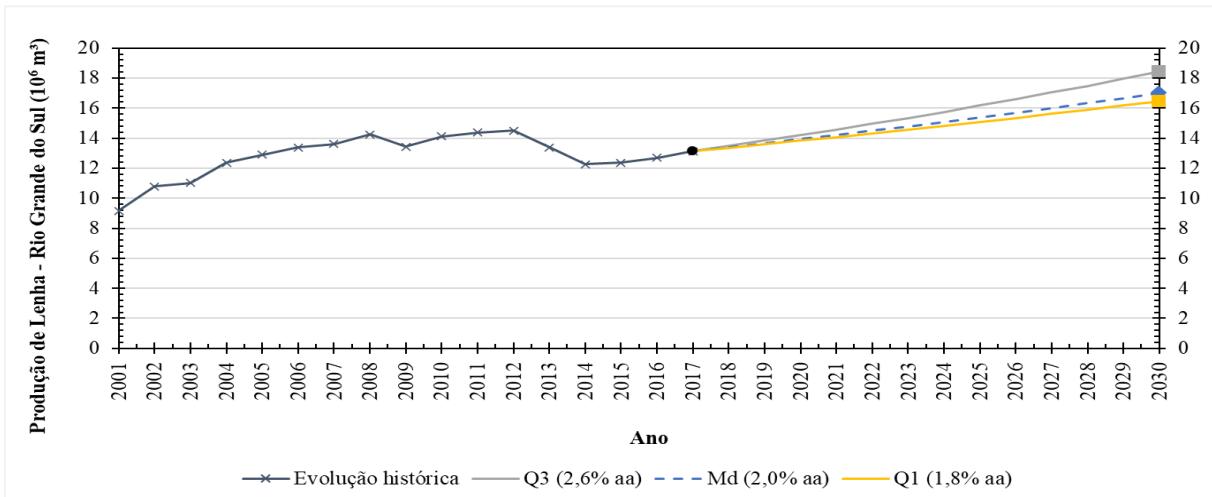
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.3.5.2 Rio Grande do Sul

Na Figura 35 observa-se um crescimento de 9,9% ao ano entre os anos de 2001 e 2017 na produção de lenha de silvicultura. A expectativa dos especialistas é de que o crescimento será de 6,5% ao ano (mediana) até 2030, alcançando uma produção de 17.234.379 m³ de lenha da silvicultura.

Figura 35 - Evolução histórica e prospecção da produção de lenha de silvicultura para o estado do Rio Grande do Sul (n=7)



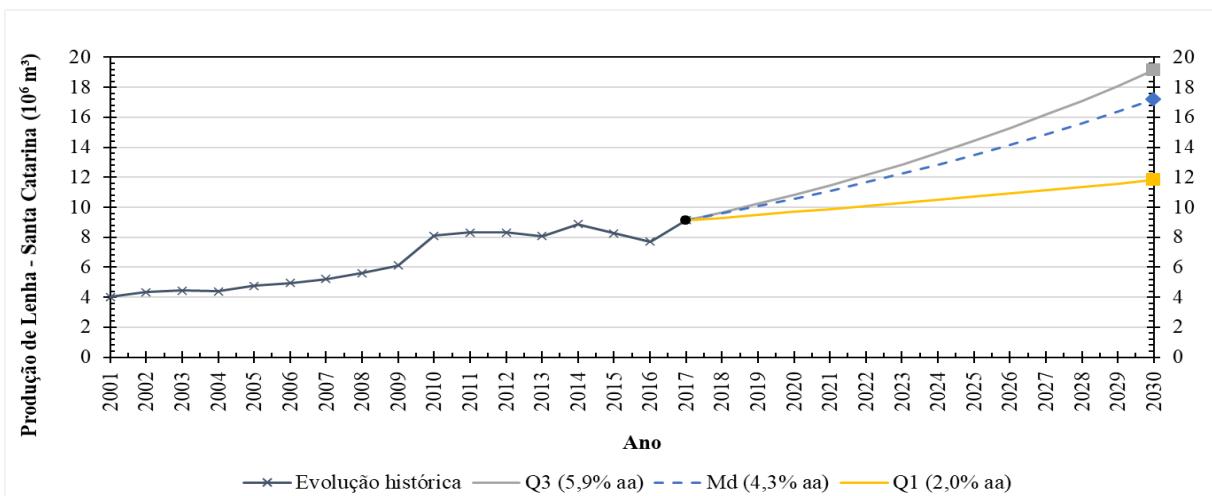
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.3.5.3 Santa Catarina

Para o estado de Santa Catarina, entre o período que compreende os anos de 2001 e 2017, verificou-se uma taxa de crescimento de 5,3% ao ano (Figura 36). Para os próximos anos, até 2030, há uma expectativa dos entrevistados de um crescimento de 4,3% ao ano (mediana), com uma produção de 17.208.451 m³ de lenha de silvicultura.

Figura 36 - Evolução histórica e prospecção da produção de carvão vegetal de silvicultura para o estado de Santa Catarina (n=22)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

4.4 ÁREAS DE ATUAÇÃO

Nos tópicos a seguir, denominados como quinto bloco, os entrevistados responderam questões com o objetivo de identificar, para o Brasil, as necessidades e os potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro. Destaca-se que o entrevistado podia optar por apenas uma das cinco áreas de atuação: pesquisa, mercado, cogeração de energia, empresa do ramo florestal e produção de papel e celulose.

4.4.1 Pesquisa

Os especialistas que trabalham com pesquisa na área de biomassa florestal classificaram em ordem de importância os seguintes possíveis fatores que impulsionariam o seu uso finalidades energéticas: a formulação e implementação de políticas públicas, os investimentos privados, a abertura de novos mercados, o desenvolvimento de pesquisas e os investimentos públicos. De acordo com as respostas, os fatores que apresentaram maior grau de importância (próximo de 10) foram a formulação e implementação de políticas públicas e investimentos privados (Tabela 21), as duas com um grau de importância médio de 8,2.

Tabela 21 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Pesquisa)

Fator	n	Média	Mediana	Q1	Q3
Desenvolvimento de pesquisas	87	8,0	8,0	7,0	10,0
Abertura de novos mercados	87	8,0	8,0	7,5	9,0
Formulação e implementação de políticas públicas	87	8,2	8,0	7,0	10,0
Investimentos públicos	86	7,4	8,0	6,0	9,0
Investimentos privados	87	8,2	8,0	8,0	10,0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) O grau de importância foi avaliado considerando uma escala de 0 a 10, sendo 0 para sem importância e 10 para extremamente importante. 2) n é o número de respostas. 3) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Os especialistas indicaram, principalmente, os estudos relacionados às espécies florestais e material genético dos clones como demanda de pesquisa que contribuiria para um maior uso da biomassa florestal para a geração de energia (Tabela 22).

A maior dificuldade enfrentada por 27,5% dos profissionais que atuam na área de pesquisa está diretamente relacionada à indisponibilidade de recursos destinados à pesquisa, seguida pela ausência de investimentos/incentivos públicos e privados nos projetos de pesquisa e a falta de infraestrutura laboratorial das instituições de pesquisa com 26,3% (Tabela 23).

Tabela 22 - Possíveis demandas de pesquisa que contribuiriam para um maior uso da biomassa florestal para geração de energia (n=79)

Respostas	Número de citações
Espécies florestais e material genético dos clones	17
Produção florestal	16
Geração de energia	15
Tecnologia da madeira/qualidade da biomassa	15
Mercado e segurança financeira	10
Tecnologia e logística	2
Ilegalidades na exploração florestal	1
<u>Não souberam responder</u>	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Tabela 23 - Maiores dificuldades enfrentadas pelos profissionais da área da pesquisa (n=80)

Respostas	Número de citações
Indisponibilidade de recursos destinados à pesquisa	22
Ausência de investimentos/incentivos públicos e privados nos projetos de pesquisa*	21
Desestruturação da cadeia produtiva	15
Subutilização dos produtos florestais	5
Restrição legislativa	5
Ilegalidade na exploração de florestas nativas e comércio da madeira	5
Indisponibilidade de dados confiáveis	3
Falta de conhecimento da população	1
<u>Não há</u>	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Nota: * e falta de infraestrutura laboratorial das instituições de pesquisa.

Sobre a existência de incentivo financeiro para o desenvolvimento de pesquisas do ramo de biomassa florestal para finalidades energéticas, a maioria dos especialistas (47,5%) apontaram que há incentivo, mas estes são considerados pouco ou muito pouco, isto é, são limitados ou inferiores à necessidade. Para 36,3% dos entrevistados não há incentivos financeiros destinados a este tema, 10% desconhecem e 6,3% apenas indicaram que existe (Tabela 24).

Tabela 24 - Incentivo financeiro para o desenvolvimento de pesquisas do ramo florestal para finalidades energéticas (n=80)

Respostas	Número de citações
Desconhece	8
Não há	29
Sim, mas pouco/muito pouco (limitados e inferiores à necessidade)	38
Sim	5

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

4.4.2 Mercado

Como observado na Tabela 25, os especialistas que atuam no mercado relacionado à biomassa classificaram em ordem de importância os fatores que impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas, sendo eles: a formulação e implementação de políticas públicas, os investimentos privados, a abertura de novos mercados, o desenvolvimento de pesquisas e os investimentos públicos. O fator com maior importância foi a formulação e implementação de políticas públicas seguida dos investimentos privados.

Tabela 25 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Mercado)

Fator	n	Média	Mediana	Q1	Q3
Desenvolvimento de pesquisas	12	7,5	7,5	6,0	10,0
Abertura de novos mercados	12	7,6	8,0	7,0	9,3
Formulação e implementação de políticas públicas	12	8,0	8,5	7,8	10,0
Investimentos públicos	12	6,8	7,0	5,5	8,5
Investimentos privados	12	7,9	8,5	6,8	10,0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) O grau de importância foi avaliado considerando uma escala de 0 a 10, sendo 0 para sem importância e 10 para extremamente importante. 2) n é o número de respostas. 3) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Em relação ao comportamento do preço nominal do metro estéreo (mst - lenha) e do metro de cavaco (mcav) para 45,5% e para 54,5% dos entrevistados terá um aumento, superior à taxa de inflação (%) no período de 2030, respectivamente (Tabela 26).

O mercado brasileiro de exportações e importações de biomassa florestal (lenha, cavaco, pellet, briquete) é considerado praticamente nulo. Para a maioria dos entrevistados haverá um estímulo para a exportação de biomassa florestal, na forma de pellet e briquete (Tabela 27).

Tabela 26 - Preço nominal do metro estéreo (mst - lenha) e do metro de cavaco (mcav) para o ano de 2030 (n=11)

Variável	Lenha (%)	Cavaco (%)
Terá um aumento, superior à taxa de inflação (%) no período	45,5	54,5
Terá um aumento, na mesma taxa de inflação (%) no período	27,3	18,2
Terá um aumento, menor que a taxa de inflação (%) no período	18,2	9,1
Se manterá constante	9,1	18,2
Sofrerá uma redução	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Tabela 27 - Comportamento do mercado brasileiro de exportações e importações de biomassa florestal para o ano de 2030 (n=8)

Respostas	Número de citações
Haverá um estímulo para a exportação	5
As exportações e importações permanecerão constantes	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Para o carvão vegetal o mercado brasileiro de exportações e importações também é considerado praticamente nulo. Com base nesta informação, a expectativa mais expressiva dada pelos especialistas entrevistados é de que a produção será suficiente para atender a demanda interna (Tabela 28).

Tabela 28 - Comportamento do mercado brasileiro de exportações e importações de carvão vegetal para o ano de 2030 (n=9)

Respostas	Número de citações
Será suficiente para atender a demanda interna	7
Haverá um estímulo para a exportação	2
As exportações e importações permanecerão constantes	2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Acerca da possibilidade de influência da situação econômica do Brasil no potencial de produção e uso de biomassa florestal para finalidades energéticas nos próximos anos (até 2030), a maioria dos especialistas (n=5) vislumbram que o desenvolvimento econômico nos próximos anos proporcionará um grande incentivo à produção e uso (Tabela 29).

Ademais, do ponto de vista mercadológico, os especialistas entrevistados sugeriram ações a serem implementadas no Brasil para potencializar a produção e o consumo de biomassa florestal para finalidades energéticas. Os especialistas sugeriram “o estudo de viabilidade econômica e abertura do setor a novas empresas”, “uma maior oferta e demanda de energia a

partir de biomassa florestal” e, “incentivos públicos e criação de mecanismos que promovam novos investimentos na produção e no consumo de biomassa florestal” (Tabela 30).

Tabela 29 - Influência da atual situação econômica do Brasil no potencial de produção e uso da biomassa florestal para finalidades energéticas nos próximos anos (n=8)

Respostas	Número de citações
O desenvolvimento econômico será um grande incentivo à produção e uso da biomassa florestal	5
Haverá pouco aumento	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Tabela 30 - Sugestões de ações para potencializar a produção e o consumo de biomassa florestal para finalidades energéticas (n=9)

Respostas	Número de citações
Estudo de viabilidade econômica e abertura do setor a novas empresas	3
Maior oferta e demanda de energia a partir de biomassa florestal	2
Incentivos públicos e criação de mecanismos	4

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

4.4.3 Cogeração de energia

Os investimentos privados, a abertura de novos mercados e a formulação e implementação de políticas públicas são os fatores que apresentam maior importância para impulsionar o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, para os especialistas de empresas que atuam em atividades relacionadas à cogeração de energia, como consta na Tabela 31. A maioria dos especialistas também acredita que haverá um baixo crescimento do consumo de biomassa (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool) no setor energético (Tabela 32).

Segundo o relatório do Balanço Energético Nacional (BEN), com base no ano de 2017, o setor energético representou 16,9% da composição setorial do consumo final de biomassa (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool). Os últimos 10 anos (2007-2017) da evolução histórica (1970-2017) da participação do setor indicaram um crescimento de 0,0% ao ano. A partir disso, os especialistas supõem que haverá um aumento do percentual de participação do setor no consumo de biomassa até 2030 (Figura 37) em aproximadamente 1,0% ao ano (medianas).

Tabela 31 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Cogeração de energia)

Fator	n	Média	Mediana	Q1	Q3
Desenvolvimento de pesquisas	10	7,4	7,5	6,3	9,5
Abertura de novos mercados	10	8,1	8,0	7,3	8,8
Formulação e implementação de políticas públicas	10	7,3	8,0	7,0	8,8
Investimentos públicos	10	6,7	7,0	4,8	9,5
Investimentos privados	10	8,2	8,5	7,0	9,0

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

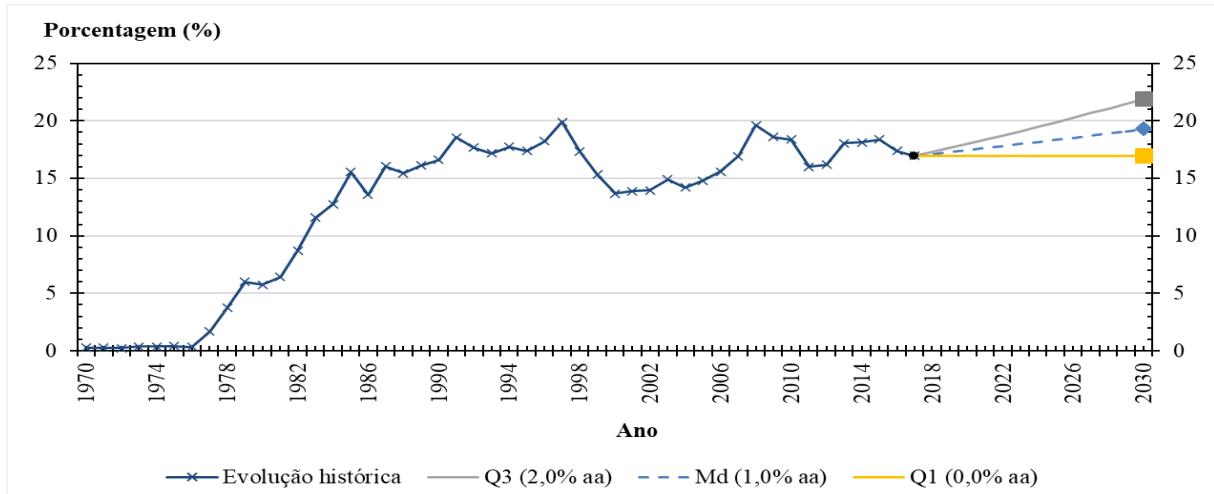
Notas: 1) O grau de importância foi avaliado considerando uma escala de 0 a 10, sendo 0 para sem importância e 10 para extremamente importante. 2) n é o número de respostas. 3) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Tabela 32 - Potencial do consumo de biomassa no setor energético brasileiro (n=10)

Variável	Número de respostas
Alta redução	0
Baixa redução	0
Se manterá constante	1
Baixo crescimento	7
Alto crescimento	2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Figura 37 - Evolução histórica e prospecção da participação do setor energético no consumo de biomassa (n=9)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Md é a mediana. 2) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Na Tabela 33 pode-se consultar a opinião dos especialistas sobre a evolução da cogeração de energia (elétrica e térmica) associados aos processos produtivos industriais nos próximos anos. Observa-se que a maioria dos entrevistados indicaram um constante ou discreto

crescimento, bem como a necessidade de integrar os setores de produção, geração e pesquisa buscando a otimização da cogeração de energia.

Tabela 33 - Opinião dos especialistas sobre a evolução da cogeração de energia (n=8)

Comentários	Número de respostas
Constante ou discreto crescimento	3
Necessidade de integrar os setores de produção, geração e pesquisa buscando a otimização da cogeração de energia	2
A cogeração proporciona a redução de custos dos processos industriais	1
Necessidade de incentivos	1
<u>Falta de informações sobre as fontes de energia alternativa</u>	1

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

4.4.4 Empresa do ramo florestal

Observa-se na Tabela 34 que os fatores que apresentam maior importância para impulsionar o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, para os especialistas de empresas do ramo florestal, são a formulação e implementação de políticas públicas, a abertura de novos mercados e o desenvolvimento de pesquisa.

Tabela 34 - Grau de importância de cada variável que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil (Empresa do ramo florestal)

Fator	n	Média	Mediana	Q1	Q3
Desenvolvimento de pesquisas	6	7,5	8,5	6,3	10,0
Abertura de novos mercados	6	7,7	9,0	6,5	10,0
Formulação e implementação de políticas públicas	6	8,0	9,0	6,5	10,0
Investimentos públicos	6	6,7	6,5	5,0	8,0
Investimentos privados	6	7,5	8,0	5,8	9,5

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) O grau de importância foi avaliado considerando uma escala de 0 a 10, sendo 0 para sem importância e 10 para extremamente importante. 2) n é o número de respostas. 3) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

Como a maior necessidade do produtor de florestas energéticas apontaram (n=5) a carência de isenção de impostos e financiamentos a custos subsidiados, a desvalorização do preço do produto (n=2), a ausência de compradores (n=1) e a falta de informação (n=1).

Questionados sobre a disponibilidade de mão de obra especializada em serviços de assistência técnica/consultoria para o ramo de biomassa florestal (n=5), 4 especialistas responderam que “sim” e outro respondeu “muito pouco”.

A Tabela 35 indica o segmento da empresa do entrevistado, onde o mesmo podia marcar mais de uma opção como resposta. Como outro segmento, mencionaram licenciamento e consultoria florestal, e associativa. Os segmentos de energia (carvão), de energia (lenha), de máquinas e equipamentos, de mudas florestais, de madeira tratada e de produção de madeira serrada e outros subprodutos não foram selecionados pelos especialistas respondentes.

Tabela 35 - Segmento da empresa do entrevistado (n=6)

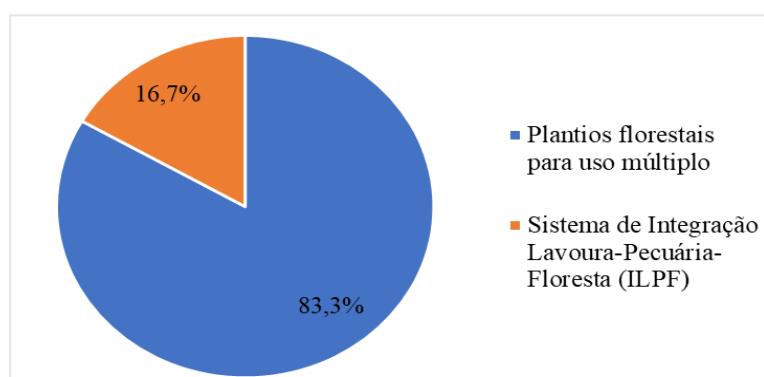
Segmento da empresa	Número de respostas
Cavacos para a geração de energia	1
Cavacos para a produção de celulose	1
Florestamento e reflorestamento	2
Insumos e produtos químicos	1
Produção de chapas (MDF, MDP), compensados	1
Outro	2

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

As três maiores necessidades de tecnologias voltadas para o segmento da empresa do respondente foram: nutrição florestal e manejo integrado de pragas, separação da celulose das hemiceluloses e lignina, e desenvolvimento de soluções para melhor uso da biomassa florestal na indústria, como por exemplo, a produção de biocombustível através de resíduos florestais.

Observa-se na Figura 38 que a principal modalidade de produção de biomassa florestal para os próximos anos serão os plantios florestais para uso múltiplo, totalizando 83,3%, seguido do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), com 16,7%. Ressalta-se que as alternativas plantios florestais, exclusivamente para uso energético; sistema de Integração Pecuária-Floresta (IPF) e outros não foram apontados pelos entrevistados.

Figura 38 - Modalidade da produção de biomassa florestal para os próximos anos (n=6)



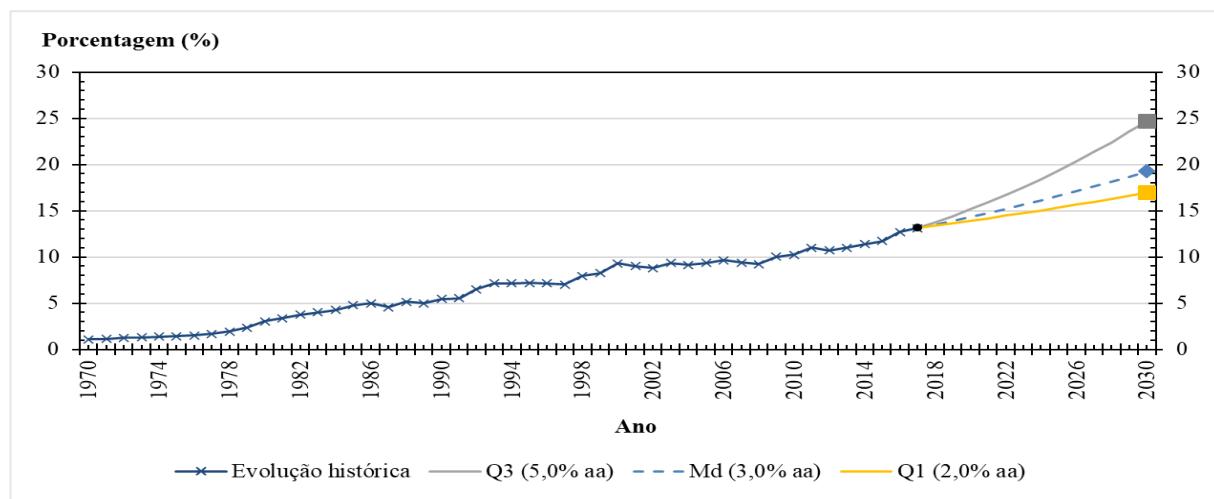
Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

4.4.5 Produção de papel e celulose

De acordo com a evolução histórica (1970-2017) apresentada no relatório do Balanço Energético Nacional (BEN), com base no ano de 2017, a indústria de papel e celulose representou 13,1% da composição setorial do consumo final de biomassa para energia (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool). Pode-se observar na Figura 39, os especialistas indicam que haverá um crescimento de 3,0% ao ano (mediana) no consumo de biomassa por parte da indústria de papel e celulose. Esta realidade é prospectada para os próximos anos, ou seja, até 2030.

Acerca da utilização de licor negro para a produção de energia, 4 dos 5 entrevistados do setor de papel e celulose consideram que haverá uma expansão da sua aplicação para estes fins, devido à ascensão deste setor e às condições favoráveis do país, como clima e tecnologia. Um dos entrevistados acredita que em razão da importância da recirculação do licor negro na indústria em conjunto com a estabilidade do setor, o consumo de licor negro em usinas termelétricas se manterá constante.

Figura 39 - Evolução histórica e prospecção da participação da indústria de papel e celulose no consumo de biomassa (n=5)



Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações obtidas pelo questionário *Delphi* (2019).

Notas: 1) Biomassa inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool. 2) Md é a mediana. 3) Q1 é o primeiro quartil e Q3 é o terceiro quartil. Entre Q1 e Q3 estão 50% das respostas.

5 DISCUSSÃO

A exaustão dos combustíveis fósseis, o crescimento populacional e a problemática ambiental intensificaram a procura por fontes renováveis de energia nos últimos anos. De forma geral, os especialistas entrevistados pressupõem que as perspectivas de investimentos para os próximos anos, em energia renovável, serão destinadas à energia solar, seguida pela energia de biomassa. Exemplo disso, são os programas de incentivo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Neste último ano, o Programa do Novo Mercado de Gás (NMG), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), foi lançado pelo governo promovendo a abertura do mercado de gás natural no Brasil. Entretanto, como já mencionado neste estudo, o artigo publicado na Revista Biomais (2018), apresenta que um recente levantamento da Energy Outlook, financiado pela empresa americana Bloomberg, indicou “que o setor de biomassa deve receber US\$ 26 bilhões em investimentos no Brasil até 2040 e assim como as gerações eólica e solar, a biomassa deverá se tornar um dos setores mais frutíferos na economia brasileira nas próximas décadas”. Impulsionando, desse modo, a produção e o uso da biomassa florestal para finalidades energéticas, visto que os investimentos públicos e privados também foram considerados como fatores críticos ao desenvolvimento do setor.

Os resultados do presente estudo indicam que uma expectativa de alto crescimento de consumo de biomassa florestal para 80 entrevistados, seguida pela cana-de-açúcar para 72 especialistas. A região brasileira que receberá um maior montante de investimentos destinados às energias renováveis nos próximos anos (até 2030) será o Nordeste (44,6% das respostas), seguido pelo Sudeste (31,7%), Centro-Oeste (18,8%), Norte (12,9%) e Sul (8,9%). E, 38,0% dos especialistas, supõem que a biomassa florestal aproveitará estes investimentos de modo satisfatório.

Evidencia-se que as regiões Nordeste e Norte apresentam os melhores potenciais para o desenvolvimento da energia eólica no Brasil (ABREU et al., 2014). Outrossim, devido à grande incidência de irradiação solar, o nordeste brasileiro também é considerado uma região promissora quanto ao uso de energia solar (FONTES et al., 2016).

Em dezembro de 2018 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento (MAPA) lançou o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (PlantarFlorestas), com o propósito de aumentar, até o ano de 2030, mais 2 milhões de hectares plantados com florestas comerciais. Esta perspectiva de crescimento do setor está atrelada aos

acordos internacionais com medidas restritivas de proteção das florestas naturais que estimulará o plantio de florestas de todos os tipos (MAPA, 2018).

Para os especialistas entrevistados, haverá um aumento de 3,0% ao ano na área plantada com Eucalipto e 0,05% ao ano para a áreas plantada com Pinus até 2030. Presume-se, a partir desta taxa de crescimento, que os plantios de Eucalipto e Pinus no Brasil, terão uma área plantada de 8.582.106 hectares e 1.698.913 hectares, respectivamente.

Os acordos do clima também estimularão o aumento das florestas plantadas para sequestro de carbono. Por meio das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês), cada nação apresentou sua contribuição de redução de emissões dos gases de efeito estufa para alcançar o objetivo do Acordo de Paris. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Brasil, por sua vez, comprometeu-se em reduzir as emissões em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para tanto, espera aumentar a participação de biocombustíveis sustentáveis na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, atingir uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 e expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030 pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar (MMA, 2020).

Os principais fatores limitantes para a geração de energia a partir de biomassa florestal no Brasil são, em ordem de importância: a carência de investimentos/incentivos públicos destinados à pesquisa e à produção; alto custo de produção da biomassa atrelado ao baixo retorno econômico; infraestrutura logística de escoamento de produção e integração da cadeia produtiva; limitações de produção (tempo, área, tecnologia oscilações de produtividade); desconhecimento sobre as potencialidades do uso de biomassa florestal; concorrência com outras fontes de energia (renováveis e não-renováveis); dificuldades tecnológicas relacionadas ao uso de biomassa florestal e baixa demanda da indústria para consumo da energia.

Um dos fatores impeditivos ao aumento dos plantios e exploração florestal no Brasil, citado pelos entrevistados, está relacionado à falta de conhecimento por parte da população quanto às características potenciais dos produtos florestais provenientes de espécies exóticas e a errônea interpretação de que o aproveitamento da biomassa florestal está relacionada à intensificação do desmatamento devido ao aproveitamento de produtos florestais provenientes de florestas nativas. De certo modo, a concorrência com espécies florestais nativas extraídas ilegalmente reduz a demanda por madeira oriunda de florestas plantadas, contudo ressalta-se que um dos princípios da Política Agrícola para Florestas Plantadas (PAFP) é a contribuição

para a diminuição da pressão sobre as florestas nativas. Além disso, as empresas do setor florestal são as que mais protegem áreas naturais (MAPA, 2018). Ao todo, o setor apresenta aproximadamente 6 milhões de hectares de áreas conservada, somando-se as áreas de restauração, Área de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Apesar de alguns especialistas também citarem as ilegalidades encontradas na exploração de florestas nativas e comércio da madeira, é importante considerar que grande parte das áreas de produção florestal possuem alguma certificação florestal, como o Conselho de Manejo Florestal (*Forest Stewardship Council* – FSC), que garantem, através de indicadores reconhecidos internacionalmente, a sustentabilidade produtiva e exploratória. Ademais, como mencionado pelos autores Timko et al. (2018) na revisão teórica, as áreas florestais não devem ser reduzidas e as nativas não devem ser convertidas em plantações.

Em conformidade com Miah et al. (2011), a biomassa florestal também pode ser produzida em áreas degradadas, visto que, segundo o MAPA (2018), a conversão de uso da terra de áreas antropizadas ou degradadas para florestas plantadas apresenta vantagens ambientais e melhorias para o local.

Os especialistas que atuam no ramo da pesquisa citam que estudos voltados às espécies florestais e material genético dos clones contribuiria para um maior uso futuro da biomassa para geração de energia. Informação semelhante a disponível no PlantarFlorestas, onde o MAPA (2018) aponta que, para a continuidade do crescimento do setor, é necessário que se tenha uma busca constante pelos melhores materiais genéticos disponíveis em nível mundial. Como observado no capítulo 2, muitos países têm investido em pesquisas relacionadas à novas possíveis fontes de biomassa florestal para geração de energia, objetivando o aproveitamento de espécies já adaptadas à região de interesse.

Outras demandas de pesquisa citadas pelos especialistas foram: melhorias tecnológicas nos processos de conversão em energia; avanços tecnológicos aplicados à produção florestal; aperfeiçoamento da qualidade dos produtos oriundo da biomassa florestal; custos de produção, transporte e rentabilidade; redução dos impactos socioambientais; existência de investimentos/incentivos (pequenos produtores, ILPF); recuperação de áreas de plantio; disponibilidade e quantificação de biomassa florestal e esclarecimentos referente às oportunidades dos créditos de carbono.

O Plano Nacional de Energia elaborado nos anos de 2006 e 2007 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com projeções para o ano de 2030 indica que o setor industrial registrará perdas de participação relativa no consumo de eletricidade. Por outro lado, os setores

comercial e residencial aumentarão sua participação. De acordo com a EPE (2007), o consumo de lenha e carvão na indústria terá uma taxa média anual de crescimento variando de 0,5 a 2,1% (segundo os 4 diferentes cenários analisados) no período que compreende os anos de 2004 a 2030.

A expectativa de 85,0% dos especialistas é de que o setor industrial tende um baixo a alto crescimento no consumo de lenha nos próximos anos (até 2030). Para o carvão vegetal, 66,4% dos entrevistados esperam um baixo a alto crescimento da participação do setor industrial no consumo. A principal justificativa para este comportamento, apresentada pelos especialistas é o aumento da oferta e da demanda destas matérias-primas. Espera-se ainda, um aumento no consumo total de lenha da silvicultura, de cerca de $76.000 \cdot 10^3$ toneladas em 2017 para $80.000 \cdot 10^3$ toneladas em 2030. Enquanto para o carvão vegetal de silvicultura, estima-se que aumentará de $5.200 \cdot 10^3$ toneladas em 2017 para $6.000 \cdot 10^3$ toneladas em 2030.

Quanto ao consumo de lenha até 2030, as projeções do Plano direcionam uma tendência de que o consumo final da lenha represente em torno de 60% do consumo total de lenha no país. Este consumo total inclui a destinação para consumo final energético, produção de carvão vegetal e geração elétrica. É importante destacar que no ano base do estudo, ou seja, em 2004, o consumo final energético respondeu por cerca de 55% do total deste consumo. Além do mais, acreditam que a participação do consumo residencial passará de 51% para 21%, enquanto a do setor industrial passará de 35% para 56%. Os setores industriais de alimentos e bebidas, o de cerâmica e o de papel e celuloses destacam-se como os maiores consumidores final de lenha dentro do setor industrial (EPE, 2007). Comparando-se com o ano de 2004, a EPE (2007) ainda sugere que o consumo total de energia atinja um crescimento, até o fim do ano de 2030, entre 89% e 194%.

Semelhante às tendências apontadas pela EPE (2007), de acordo com os resultados da presente pesquisa, 65,5% dos especialistas acreditam que haverá um crescimento e ampliação da participação do setor industrial no consumo de biomassa, e cerca de 52,1% espera que a parcela do setor energético também aumentará. Um total de 78 especialistas indicaram um crescimento e ampliação da participação do setor industrial no consumo de biomassa e 62 do setor energético.

Ademais, as variáveis que apresentaram maior grau de importância e que possivelmente impulsionariam o uso de biomassa florestal para finalidades energéticas seria a formulação e implementação de políticas públicas e os investimentos privados.

6 CONCLUSÃO GERAL

Por meio da aplicação do questionário com especialistas do ramo de biomassa florestal empregada na geração de energia foi possível realizar uma prospecção quanto ao uso da biomassa florestal empregada para estes fins.

Atendendo ao objetivo deste estudo, a principal contribuição está na apresentação de uma tendência do comportamento futuro no âmbito nacional, regional e estadual relacionada a produção e ao consumo de biomassa para finalidades energéticas nos próximos anos, até o ano de 2030.

Observa-se, que as tendências de crescimento apontadas pelos especialistas são similares às identificadas em outras pesquisas que estudaram o comportamento futuro deste ramo. Apesar de haver uma projeção de crescimento, é importante salientar que este dependerá de outros fatores como o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias na área, o crescimento econômico do país, a criação de políticas públicas, como também de programas de incentivo, e investimentos públicos e privados no setor.

Os resultados obtidos por meio da aplicação do questionário, poderão servir como informativo e estímulo para a formulação de políticas públicas contribuindo para o planejamento e tomada de decisões, como também para diversas associações locais e nacionais ligadas ao desenvolvimento do setor.

A metodologia executada na realização do estudo de prospecção, baseada nos conhecimentos de especialistas via aplicação do questionário *Delphi*, mostrou-se adequada e conseguiu cumprir o objetivo de apresentar informações úteis ao planejamento estratégico para impulsionar a oferta e a demanda de biomassa florestal, bem como auxiliar os formuladores de políticas públicas.

Recomenda-se a realização de outras pesquisas, tais como: a análise das políticas públicas instituídas, até o presente momento, com o propósito de verificar as lacunas existentes e assim fortalecer o crescimento consistente do setor; e estudos ligados às tecnologias de uso e conversão objetivando o aumento da eficiência energética.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. C. S. de et al. Fatores determinantes para o avanço da energia eólica no estado do Ceará frente aos desafios das mudanças climáticas. **Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 20, n. 2, p. 274-304, 2014.
- ANDRADE, F. W. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOUTINHO, V. H. P. Influence of wood physical properties on charcoal from *Eucalyptus spp.* **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 3, 2018.
- BILGILI, M. et al. The role of hydropower installations for sustainable energy development in Turkey and the world. **Renewable Energy**, v. 126, p.755-764, 2018.
- BIOMAIS. Curitiba: Jota Editoria, ano 05, n. 28, ago. 2018. 74 p. ISSN 2359-4586.
- CELIKTAS, M. S.; KOCAR, G. From potential forecast to foresight of Turkey's renewable energy with Delphi approach. **Energy**, v. 35, n. 5, p.1973-1980, 2010.
- COELHO, G. M. **Prospecção tecnológica**: metodologias e experiências nacionais e internacionais. Rio de Janeiro: INT/Finep/ANP Projeto CT-Petro, 2003.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE; MME, 2007.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço energético nacional 2018 ano base 2017**. Rio de Janeiro: EPE; MME, 2018.
- FLOSTRAND, A. Finding the future: Crowdsourcing versus the Delphi technique. **Business Horizons**, v. 60, n. 2, p.229-236, 2017.
- FONTES, P. A. et al. Energia solar: alternativa energética e econômica para o Instituto Federal do Maranhão - Campus Bacabal. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 169, 2016.
- HO, L. et al. Developing offshore wind farm siting criteria by using an international Delphi method. **Energy Policy**, v. 113, p.53-67, 2018.
- IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2017**. São Paulo: IBA; 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Produção de Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2018>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

KUPFER, D.; TIGRE, P. Prospecção tecnológica. In: CARUSO, L. A.; TIGRE, P. B. (Orgs.). **Modelo SENAI de prospecção**: documento metodológico. Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004.

LIMA, S. M. V. et al. **Projeto Quo Vadis**: o futuro da pesquisa agropecuária brasileira. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 451 p.

LIN, C. Application of fuzzy Delphi method (FDM) and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) to criteria weights for fashion design scheme evaluation. **International Journal of Clothing Science And Technology**, v. 25, n. 3, p.171-183, 2013.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO. **Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (PlantarFlorestas)**. Brasília: MAPA, 2018.

MIAH, M. D. et al. Forest biomass and bioenergy production and the role of CDM in Bangladesh. **New Forests**, v. 42, p. 63–84, 2011.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais**: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 1.

MICROSOFT CORP. MS Excel 2016. Microsoft Corporation. 2016.

PAO, H.; FU, H. Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p.381-392, 2013.

REIS, C. A. F. et al. **Diagnóstico do setor de florestas plantadas no estado de Goiás**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 139 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138630/1/Diagnostico-do-Setor-de-Florestas-Plantadas.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

REIS, C. A. F. et al. **Cenário do setor de florestas plantadas no estado de Goiás**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2017, 79 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1080342/cenario-do-setor-de-florestas-plantadas-no-estado-de-goias>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

SCHENATTO, F. J. A. et al. Análise crítica dos estudos do futuro: uma abordagem a partir do resgate histórico e conceitual do tema. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 4, p.739-754, 2011.

SIMIONI, F. J. **Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no Planalto Sul de Santa Catarina**. 2007. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SIMIONI, F. J.; HOEFLICH, V. A. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 1091-1099, 2010.

SIMIONI, F. J. et al. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal de silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 731-742, 2017.

TIMKO, J. et al. A policy nexus approach to forests and the SDGs: tradeoffs and synergies. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 34, p. 7–12, 2018.

VÁVROVÁ, K.; KNÁPEK, J.; WEGER, J. Modeling of biomass potential from agricultural land for energy utilization using high resolution spatial data with regard to food security scenarios. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 35, p. 436-444, 2014.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Prezado(a) Senhor(a),

Sou Tamires Nedel e estou cursando mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAMB) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e orientada pelo Professor Dr. Flávio José Simioni.

Com a participação de uma rede de pesquisadores do Brasil e com o apoio da EMBRAPA, desenvolvemos este questionário objetivando um estudo de PROSPECÇÃO DO USO DE BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS. Nesse sentido, o seu nome foi identificado por meio de consultas de sites de universidades, de empresas, trabalhos publicados em revistas ou eventos como um(a) profissional conhecedor(a) do tema BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS.

O objetivo da nossa pesquisa constitui-se em obter previsões de acontecimentos futuros e subsidiar a formulação de políticas, o planejamento e a tomada de decisões relacionadas ao uso da biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, considerando também as diferentes regiões e estados da federação.

O questionário encontra-se dividido em cinco blocos:

BLOCO 1: permite uma breve identificação do entrevistado.

BLOCO 2: trata de tendências e fatores críticos do uso da biomassa florestal no Brasil como um todo.

BLOCO 3: busca identificar o potencial futuro do uso de biomassa para fins energéticos para as regiões brasileiras.

BLOCO 4: possui questões direcionadas ao estado de atuação do entrevistado.

BLOCO 5: trata das necessidades e potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro e considerando o estado de atuação do entrevistado.

Para melhor compreensão: o asterisco (*) indica ser uma questão cuja resposta é obrigatória; os círculos (○) indicam que são questões de múltipla escolha e propõem ao entrevistado a seleção de apenas uma alternativa; os quadrados (□) presentes nas questões de múltipla escolha possibilitam a seleção de uma ou mais alternativas. Nas questões com linhas o entrevistado terá a liberdade de descrever a sua resposta de acordo com o solicitado no enunciado.

Gostaríamos muito de poder contar com sua valiosa colaboração. Por favor, responda o questionário abaixo. Ressaltamos que os dados desta pesquisa serão utilizados exclusivamente

para produção de publicações acadêmicas e o tempo médio para responder o questionário é em torno de 30 a 40 minutos, podendo ser ainda menor dependendo da quantidade de questões respondidas pelo(a) entrevistado(a).

Desde já, manifestamos nossos sinceros agradecimentos e permanecemos à disposição para esclarecer eventuais dúvidas (tamires.nedel@edu.udesc.br).

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:

Como o Google Forms não permite salvar as respostas parcialmente, sugerimos que a página do mesmo fique aberta até a sua finalização (envio da resposta), caso o(a) senhor(a) prefira responder aos poucos.

Somente os blocos iniciais que tratam da situação brasileira e das regiões do Brasil são um pouco mais extensos.

No total, o questionário possui 44 páginas, mas o(a) senhor(a) responderá uma quantidade bem menor, dado que de acordo com as respostas o(a) entrevistado(a) é direcionado(a) para responder somente parte do questionário. No bloco 4, por exemplo, há 27 páginas, entretanto apenas uma será respondida.

Com o intuito de facilitar o preenchimento do questionário e de modo que o(a) entrevistado(a) possa responder as questões que considera ter conhecimento, alteramos estas para não obrigatória, exceto as questões que direcionam para outras seções de acordo com a alternativa escolhida.

Atenciosamente,

Tamires Nedel, Mestranda do PPGCAMB – UDESC

Flávio José Simioni, Professor Orientador (PPGCAMB) – UDESC

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail: * _____

BLOCO 1 – IDENTIFICAÇÃO PROFISSIONAL DO ENTREVISTADO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de obter as informações profissionais.

2. Nome do respondente: * _____

3. Qual o principal setor que o(a) senhor(a) está atuando? * *Marcar apenas uma oval.*

- Universidade ou instituição de ensino
- Empresa privada
- Órgão público (como por exemplo: Ibama)
- Entidade organizacional (como por exemplo: sindicato, associação, etc.)
- Instituição de pesquisa
- Outro:

4. Tempo de experiência profissional, na atividade principal indicada anteriormente * *Marcar apenas uma oval.*

- Menos de 1 ano
- Entre 1 e 5 anos
- Entre 5 e 10 anos
- Entre 10 e 20 anos
- Mais de 20 anos

5. Último ciclo completo de educação formal * *Marcar apenas uma oval.*

- Sem formação superior
- Graduação
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-doutorado

6. Identifique o seu nível de conhecimento sobre o assunto: BIOMASSA FLORESTAL PARA USO ENERGÉTICO * *Marcar apenas uma oval.*

- Profundo conhecedor (conhece o assunto com profundidade)
- Conhecedor mediano (conhece o assunto, mas não com profundidade)
- Familiarizado (conhece superficialmente o assunto)
- Não familiarizado

BLOCO 2 - PROSPECÇÃO PARA A SITUAÇÃO BRASILEIRA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de apontar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o BRASIL como um todo.

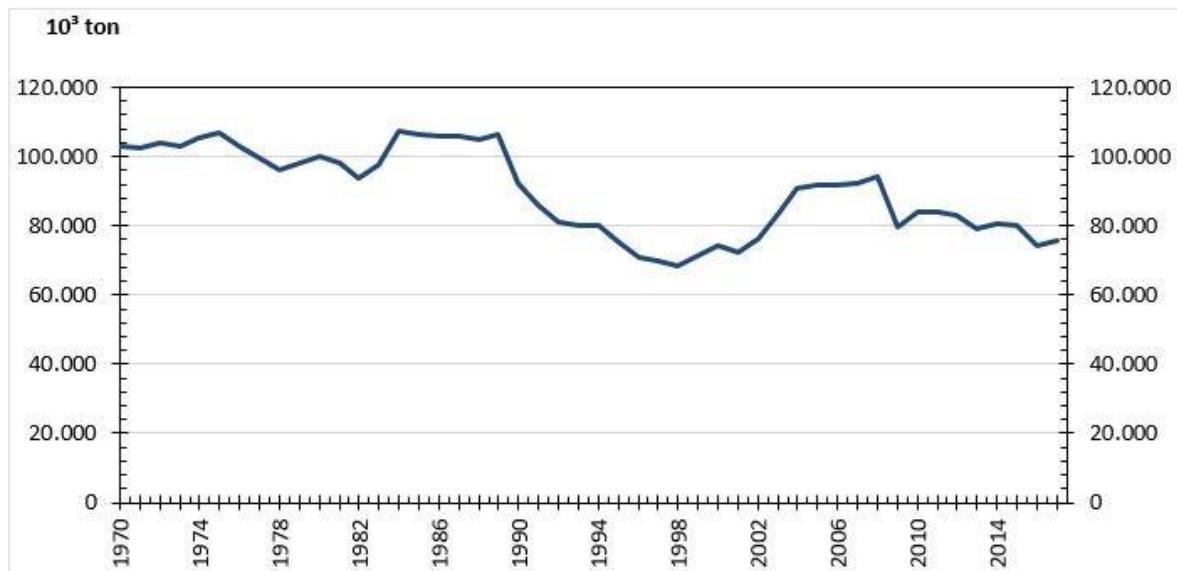
7. De acordo com o seu conhecimento sobre as diferentes fontes de biomassa no BRASIL, expresse sua expectativa sobre o consumo para cada fonte nos próximos anos (até 2030), considerando a escala a seguir: *Marcar apenas uma oval por linha*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Aguapé ou lírio aquático, algas e microalgas (Aquático)	<input type="checkbox"/>				
Biomassa florestal	<input type="checkbox"/>				
Cana-de-açúcar (Sacarídeo)	<input type="checkbox"/>				
Capim-elefante, gramíneas, forrageiras (Celulósico)	<input type="checkbox"/>				
Cascas de produtos vegetais, licor negro/lixívia (Resíduos industriais)	<input type="checkbox"/>				
Dendê (Óleo vegetal)	<input type="checkbox"/>				
Embalagens utilizadas e entulhos (Resíduos urbanos inorgânicos)	<input type="checkbox"/>				
Mandioca, batata-doce, outros (Amiláceo)	<input type="checkbox"/>				
Milho (Amiláceo)	<input type="checkbox"/>				
Girassol, mamona, outros (Oleaginosa)	<input type="checkbox"/>				
Soja (Oleaginosa)	<input type="checkbox"/>				
Resíduos de produção agrícola	<input type="checkbox"/>				
Resíduos de produção pecuária (gordura animal)	<input type="checkbox"/>				
Restos de alimentos, galhos e folhas de árvores (Resíduos urbanos orgânicos)	<input type="checkbox"/>				

8. Em relação ao tipo de biomassa florestal para uso energético no futuro (até 2030), a principal fonte no BRASIL será: *Marcar apenas uma oval*

- Toras de madeira proveniente de florestas energéticas, com corte raso
- Toras de madeira proveniente de florestas de uso múltiplo, com corte seletivo
- Resíduos da exploração florestal (ponta de árvore, tocos, galhos, etc.)
- Resíduos da exploração industrial (cavacos, cascas, serragem, etc.)
- Outro: _____

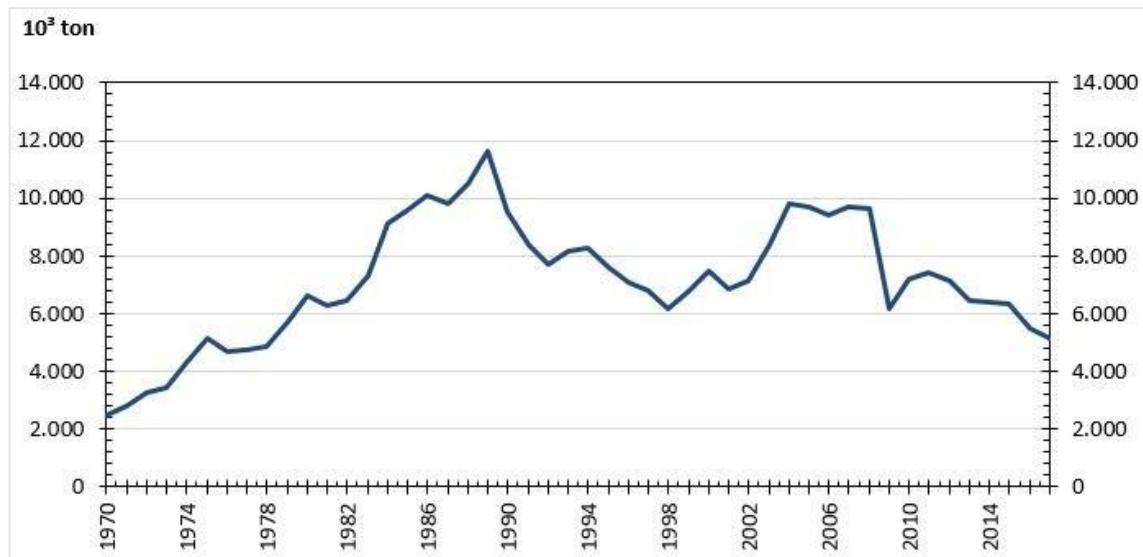
Observe a evolução do consumo total de LENHA no Brasil no período de 1970 a 2017 (BEN, 2018). Atualmente, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) com ano base 2017, a lenha e o carvão vegetal proveniente de silvicultura correspondem a 8% da oferta interna de energia.



9. Considerando a série histórica do consumo total de LENHA de silvicultura (gráfico acima) e que em 2017, o consumo total foi cerca de 76.000×10^3 toneladas, qual é a sua expectativa da oferta interna de energia (em 10^3 ton) para o ano de 2030 no BRASIL?
-

10. Comente/justifique sua resposta para a questão anterior.
-
-

Observe a evolução do consumo total de CARVÃO VEGETAL no Brasil no período de 1970 a 2017 (BEN, 2018).



11. Considerando a série histórica do consumo total de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (gráfico acima) e que em 2017, o consumo total foi cerca de 5.200×10^3 ton, qual é a sua expectativa da oferta interna de energia (em 10^3 ton) para o ano de 2030 no BRASIL?

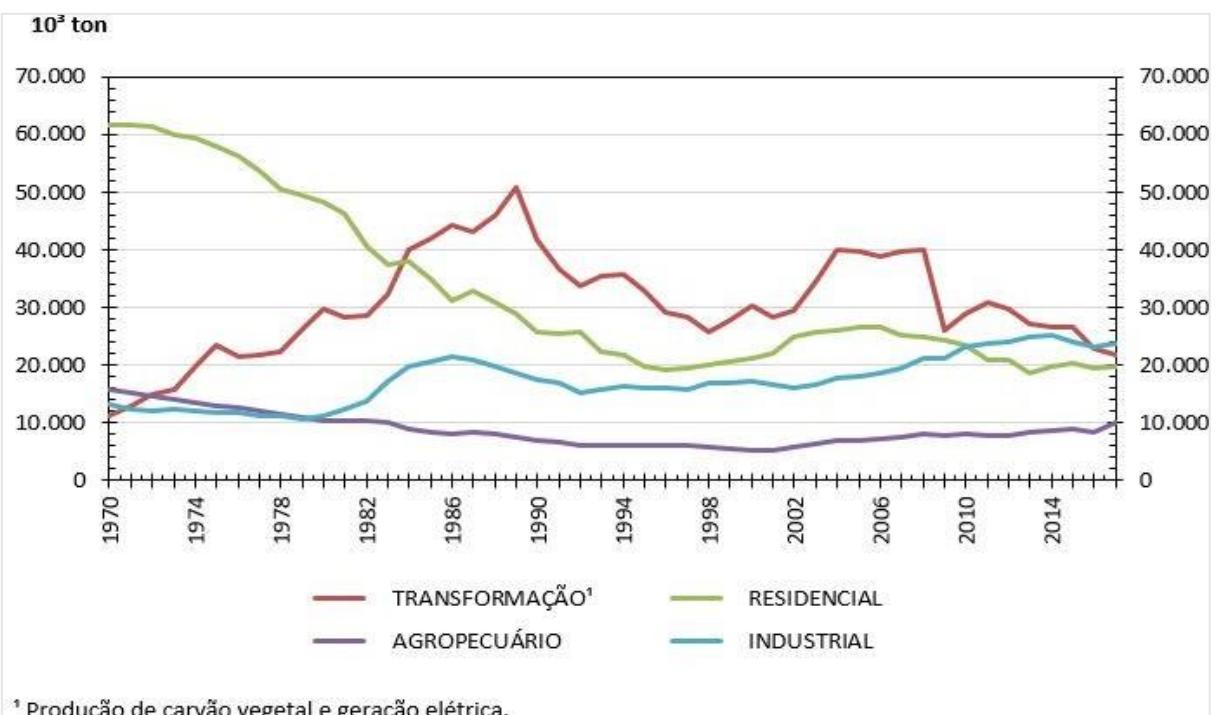
12. Comente/justifique sua resposta para a questão anterior.

13. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) com ano base em 2017, o consumo final de biomassa (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool) foi destinado para fins industriais (49,46%), transportes (19,68%), setor energético (16,94%), residencial (9,19%), agropecuário (4,48%) e outros. Com base neste contexto, qual destes setores apresentará MAIOR crescimento no consumo e consequentemente uma ampliação da participação no consumo de biomassa para 2030 no BRASIL? *Marque todas que se aplicam.*

- Industrial
- Transportes
- Energético
- Residencial
- Agropecuário

Outro: _____

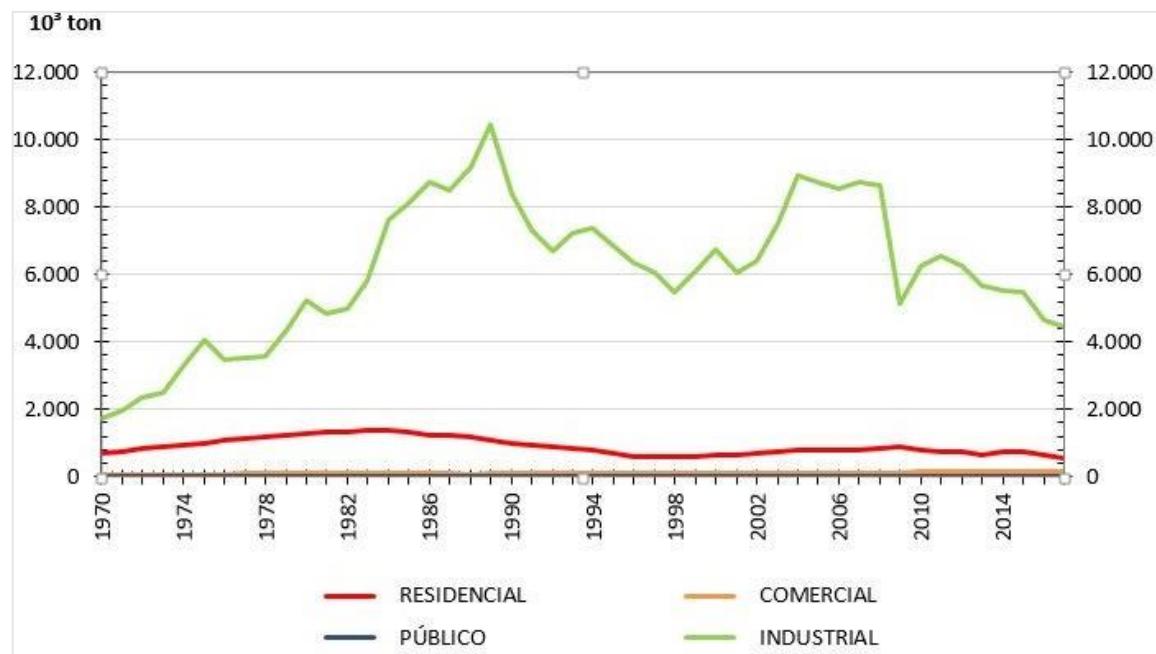
Observe a evolução do consumo de LENHA por setor no Brasil no período de 1970 a 2017 (BEN, 2018).



14. No gráfico acima é possível observar o comportamento do consumo de LENHA em diferentes setores no período que compreende os anos de 1970 e 2017. Considerando os setores apontados, expresse sua expectativa sobre o consumo de LENHA nos próximos anos (até 2030) para cada setor no BRASIL: *Marcar apenas uma oval por linha.*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Agropecuário	<input type="radio"/>				
Industrial	<input type="radio"/>				
Residencial	<input type="radio"/>				
Transformação	<input type="radio"/>				

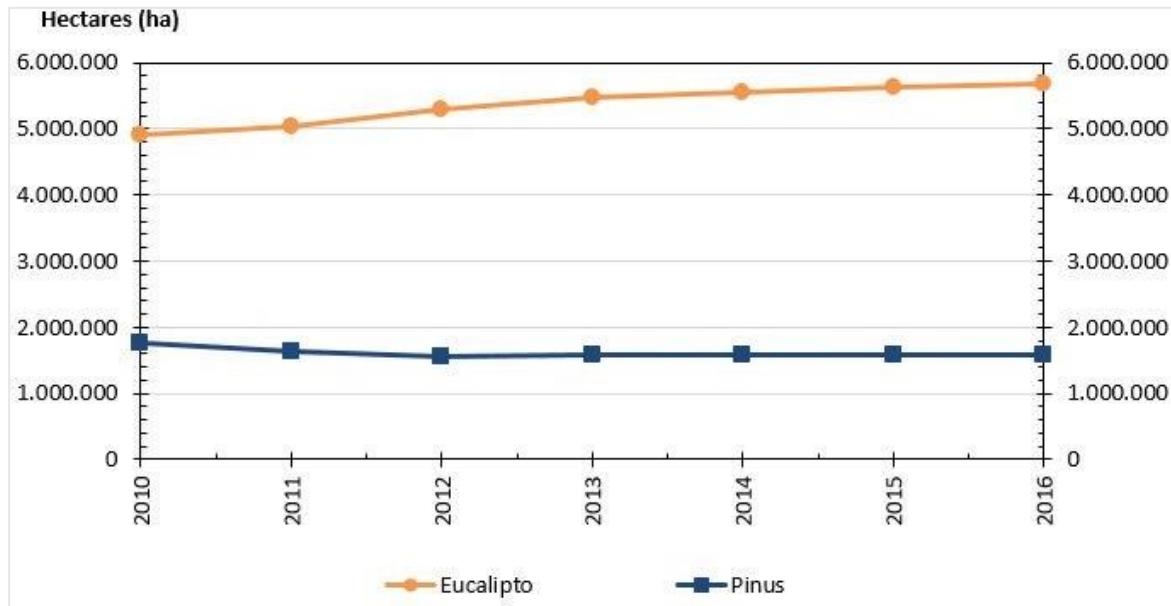
Observe a evolução do consumo de CARVÃO VEGETAL por setor no Brasil no período de 1970 a 2017 (BEN, 2018).



15. No gráfico acima é possível observar o comportamento do consumo de CARVÃO VEGETAL em diferentes setores no período que compreende os anos de 1970 e 2017. Considerando os setores apontados, expresse sua expectativa sobre o consumo de CARVÃO VEGETAL nos próximos anos (até 2030) para cada setor no BRASIL: *Marcar apenas uma oval por linha.*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Residencial	<input type="radio"/>				
Comercial	<input type="radio"/>				
Público	<input type="radio"/>				
Industrial	<input type="radio"/>				

Observe a evolução histórica da área plantada com árvores de Eucalipto e Pinus no período de 2010 a 2016 (IBA, 2018).



16. Com base na série histórica da área plantada e considerando que nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,36% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para o plantio de EUCALIPTO para os próximos anos (até 2030) no BRASIL? Use sinal negativo para decréscimo.

17. Para a área de pinus, nos últimos cinco anos houve um decréscimo de 0,71% ao ano. Na sua opinião, qual será a taxa de crescimento anual (%) para os próximos anos (até 2030) no BRASIL? Use sinal negativo para decréscimo.

18. De acordo com o artigo publicado na Revista Biomais (Edição n. 28, Agosto de 2018), um recente levantamento da Energy Outlook, financiado pela empresa americana Bloomberg, indicou “que o setor de biomassa deve receber US\$ 26 bilhões em investimentos no Brasil até 2040. Assim como as gerações eólica e solar, a biomassa deverá se tornar um dos setores mais frutíferos na economia brasileira nas próximas décadas”. Na sua opinião, indique quanto que a BIOMASSA FLORESTAL irá aproveitar a oportunidade como fonte de energia renovável no BRASIL? *Marcar apenas uma oval.*

- Muito pouco
- Pouco
- Razoável/Médio
- Satisfatório
- Muito

19. Comente/justifique sua resposta para a questão anterior.

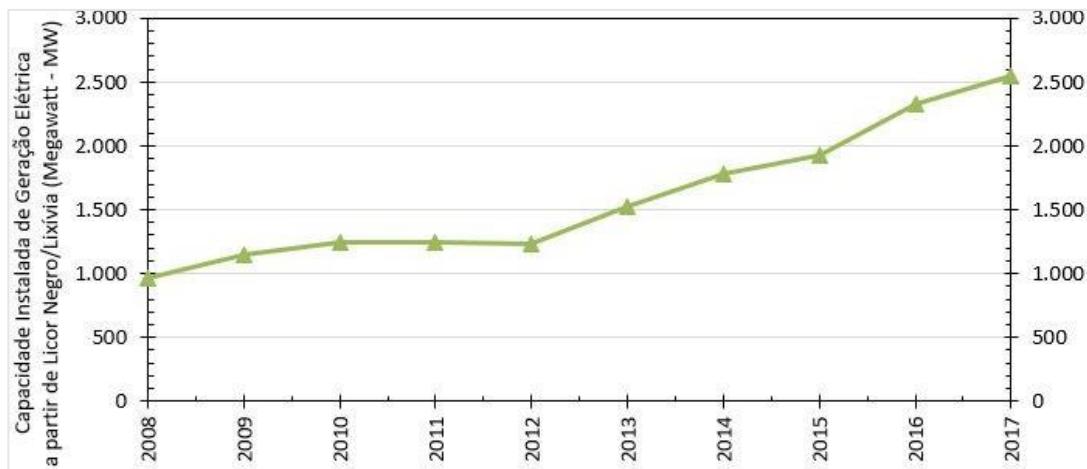
20. Qual fonte de energia renovável no BRASIL receberá maior investimento nos próximos anos (até 2030)? *Marcar apenas uma oval.*

- Energia de Biomassa
- Energia Eólica
- Energia Geotérmica
- Energia Hídrica
- Energia das Ondas Marítimas
- Energia Solar
- Outro: _____

21. Como mencionado, tem-se a perspectiva de investimentos futuros destinados as fontes de energias renováveis no Brasil. Na sua opinião, qual REGIÃO do BRASIL receberá um maior incentivo/montante de investimento nos próximos anos (até 2030)? Comente/justifique sua resposta.

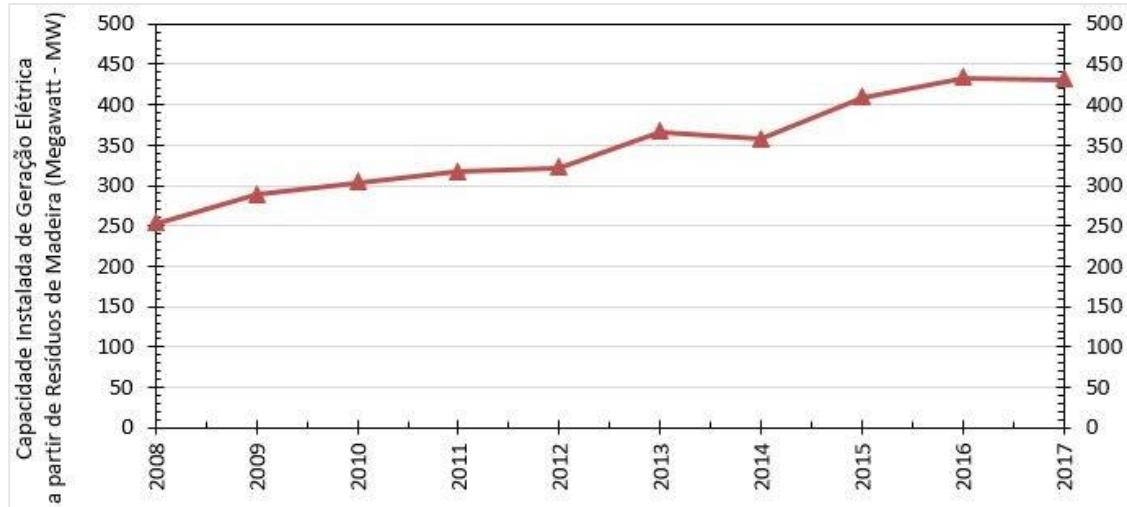
22. Na sua opinião, indique qual é o principal fator limitante para a geração de energia a partir de BIOMASSA FLORESTAL no BRASIL?

Em 2017, a biomassa, de modo geral, foi responsável pela produção de cerca de 14.505 megawatt (MW) de energia elétrica no Brasil, sendo bagaço de cana-de-açúcar (76,93%), licor negro (17,53%) e resíduos de madeira (2,97%) as principais fontes. Observe a evolução da capacidade instalada de geração elétrica a partir de LICOR NEGRO no período de 2008 a 2017 para o Brasil (BEN, 2018).



23. Como pode ser observado no gráfico acima, este período (2008-2017) apresentou uma taxa de crescimento de 11,30% ao ano. Em 2017, o licor negro/lixívia foi responsável pela produção de 2.543 MW de energia elétrica. Indique, de acordo com a sua opinião, qual será a quantidade de energia elétrica produzida (em MW) a partir da fonte de LICOR NEGRO para o ano de 2030 no BRASIL.

Observe a evolução da capacidade instalada de geração elétrica a partir de RESÍDUOS DE MADEIRA no período de 2008 a 2017 para o Brasil (BEN, 2018).



24. Como pode ser observado no gráfico acima, este período (2008-2017) apresentou uma taxa de crescimento de 6,10% ao ano. Em 2017, os resíduos de madeira foram responsáveis pela produção de 431 MW de energia elétrica. Indique, de acordo com a sua opinião, qual será a quantidade de energia elétrica produzida (em MW) a partir da fonte de RESÍDUOS DE MADEIRA para o ano de 2030 no BRASIL.

25. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado(a) para responder perguntas relativas ao assunto escolhido. Neste caso, qual das opções abaixo, no que tange ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no BRASIL, o(a) senhor(a) conhece mais do assunto? * *Marcar apenas uma oval.*

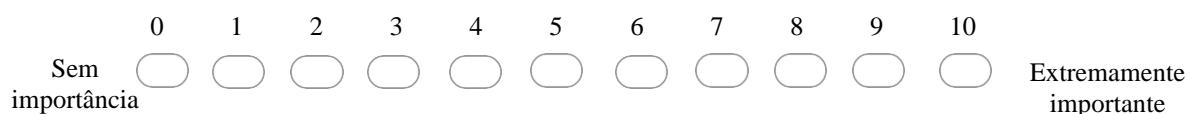
Produção florestal *Ir para a pergunta 26.*

Uso da biomassa na indústria *Ir para a pergunta 52.*

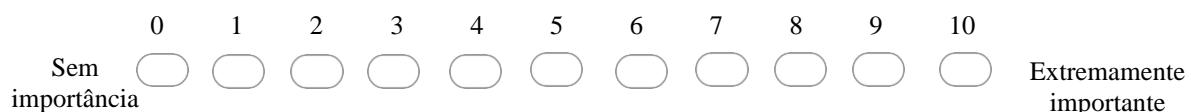
Produção florestal e uso da biomassa na indústria *Ir para a pergunta 39.*

Alguns fatores são apontados como críticos ao aumento do plantio de florestas para finalidades energéticas no Brasil. Considerando o cenário futuro de 2030, indique o grau de importância para os fatores abaixo no BRASIL:

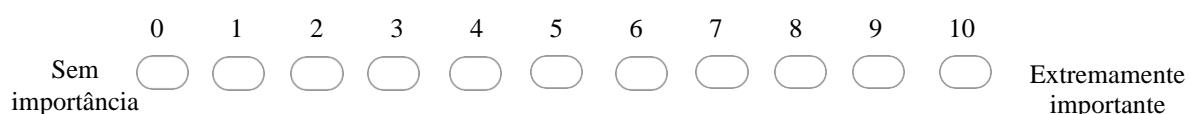
26. Preço da terra (custo de oportunidade da terra). *Marcar apenas uma oval.*



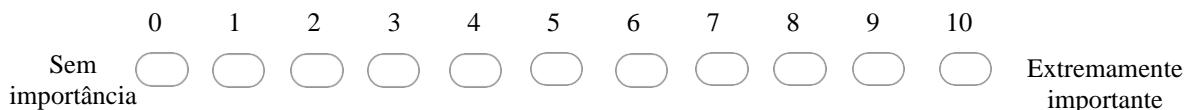
27. Disponibilidade de terra para uso florestal, ou seja, para ampliação da área florestal total. *Marcar apenas uma oval.*



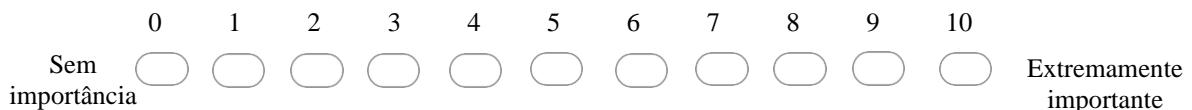
28. Disponibilidade de espécies florestais adequadas para uso energético. *Marcar apenas uma oval.*



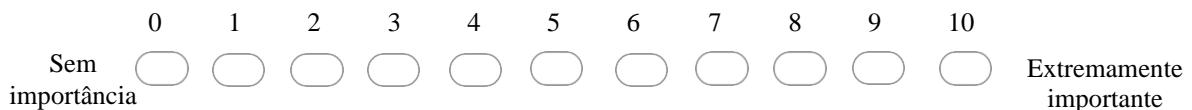
29. Avanço ou adequação tecnológica ao cultivo de florestas energéticas. *Marcar apenas uma oval.*



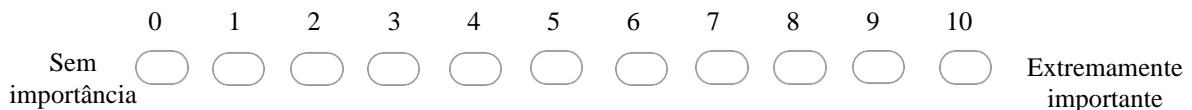
30. Adequação dos plantios florestais à legislação ambiental. *Marcar apenas uma oval.*



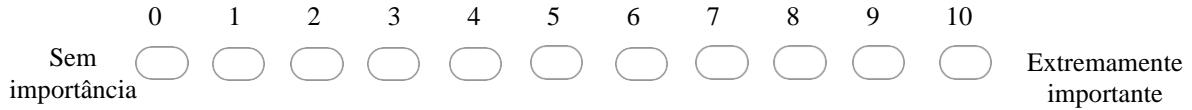
31. Pressões sociais e ambientais quanto ao uso da terra com plantios homogêneos (monocultura). *Marcar apenas uma oval.*



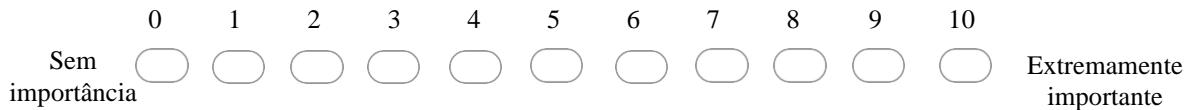
32. Disponibilidade de crédito para plantios florestais. *Marcar apenas uma oval.*



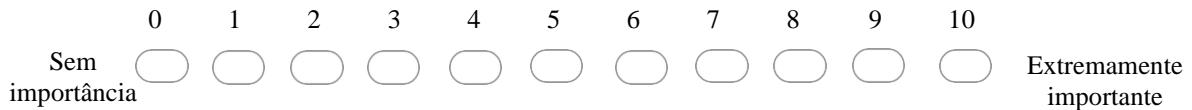
33. Disponibilidade de mão de obra para a realiza o de atividades florestais. *Marcar apenas uma oval.*



34. Tecnologia de colheita florestal adaptada para maximizar o aproveitamento da biomassa disponível na floresta (pontas, galhos, etc.). *Marcar apenas uma oval.*



35. Disponibilidade de  qua (pluvial) para cultivo florestal. *Marcar apenas uma oval.*



- 36.** Na sua opinião, qual é a maior DEMANDA DE PESQUISA que contribuiria para uma maior oferta (produção) de biomassa florestal para finalidades energéticas no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).
-
-

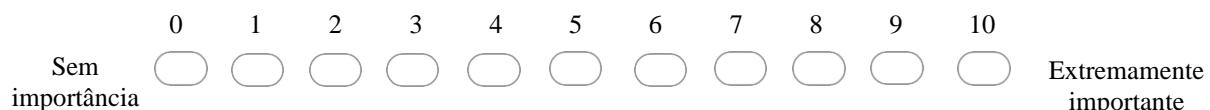
- 37.** Na sua opinião, qual é a maior NECESSIDADE DE POLÍTICA PÚBLICA que contribuiria para um estímulo na produção de biomassa florestal para geração de energia no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).
-
-

- 38.** Do ponto de vista privado, qual é a maior NECESSIDADE DE INVESTIMENTO que contribuiria para uma maior oferta (produção) de biomassa florestal para finalidades energéticas no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).
-
-

Ir para a pergunta 61.

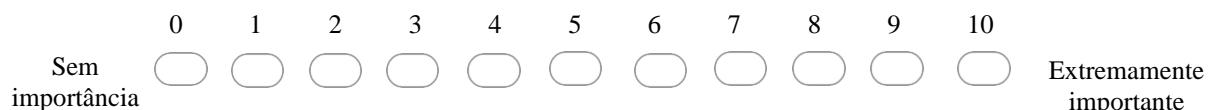
Alguns fatores são apontados como críticos ao aumento do plantio de florestas para finalidades energéticas no Brasil. Considerando o cenário futuro de 2030, indique o grau de importância para os fatores abaixo no BRASIL:

- 39.** Preço da terra (custo de oportunidade da terra). *Marcar apenas uma oval.*

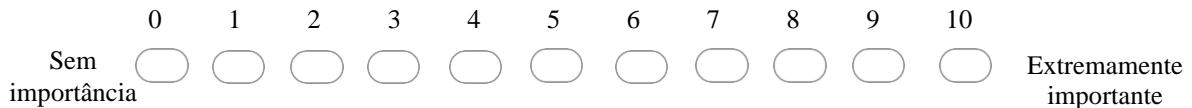


- 40.** Disponibilidade de terra para uso florestal, ou seja, para ampliação da área florestal total.

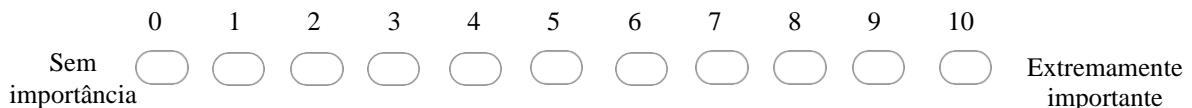
Marcar apenas uma oval.



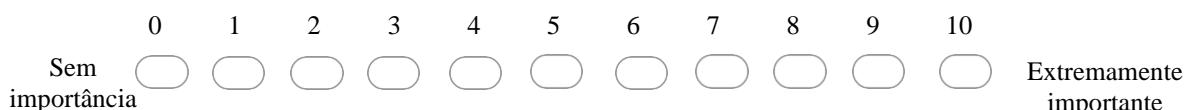
- 41.** Disponibilidade de espécies florestais adequada para uso energético. *Marcar apenas uma oval.*



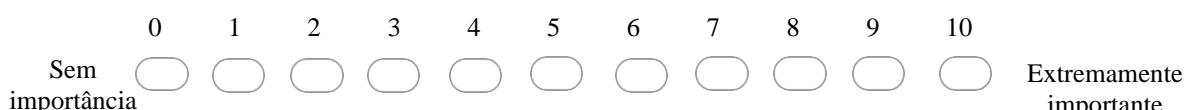
42. Avanço ou adequação tecnológica ao cultivo de florestas energéticas. *Marcar apenas uma oval.*



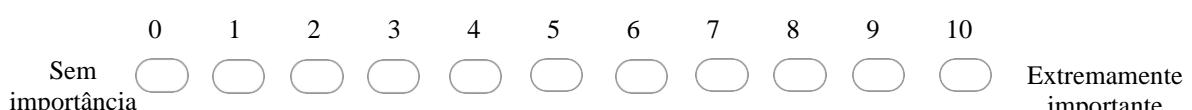
43. Adequação dos plantios florestais à legislação ambiental. *Marcar apenas uma oval.*



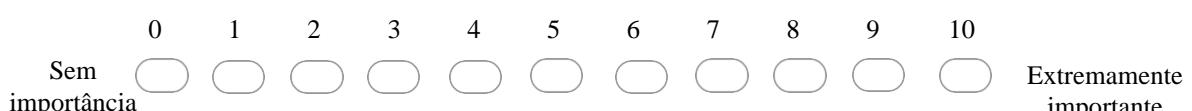
44. Pressões sociais e ambientais quanto ao uso da terra com plantios homogêneos (monocultura). *Marcar apenas uma oval.*



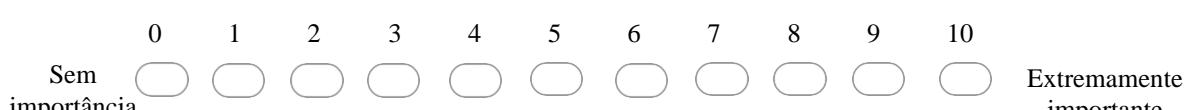
45. Disponibilidade de crédito para plantios florestais. *Marcar apenas uma oval.*



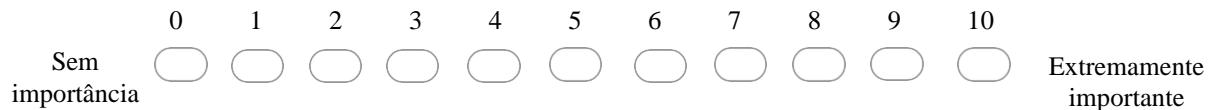
46. Disponibilidade de mão de obra para a realização de atividades florestais. *Marcar apenas uma oval.*



47. Tecnologia de colheita florestal adaptada para maximizar o aproveitamento da biomassa disponível na floresta (pontas, galhos, etc.). *Marcar apenas uma oval.*



48. Disponibilidade de água (pluvial) para cultivo florestal. *Marcar apenas uma oval.*



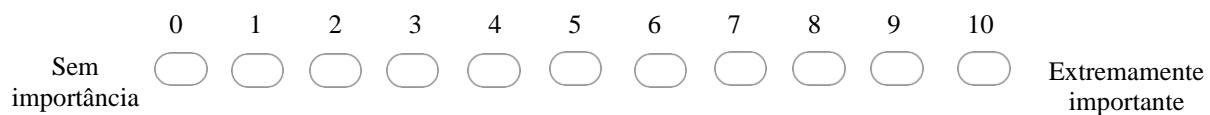
49. Na sua opinião, qual é a maior DEMANDA DE PESQUISA que contribuiria para uma maior oferta (produção) de biomassa florestal para finalidades energéticas no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

50. Na sua opinião, qual é a maior NECESSIDADE DE POLÍTICA PÚBLICA que contribuiria para um estímulo na produção de biomassa florestal para geração de energia no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

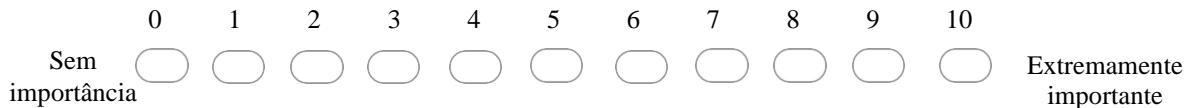
51. Do ponto de vista privado, qual é a maior NECESSIDADE DE INVESTIMENTO que contribuiria para uma maior oferta (produção) de biomassa florestal para finalidades energéticas no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

Alguns fatores interferem na geração de energia de biomassa no Brasil. Considerando o cenário futuro de 2030 para a situação brasileira, indique o grau de importância para os fatores abaixo no BRASIL:

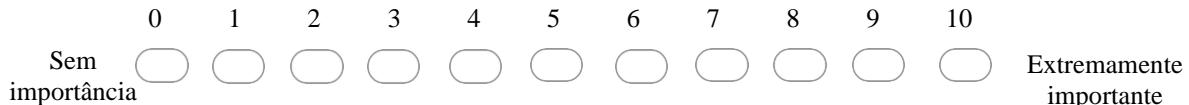
52. Comportamento do preço de outras fontes alternativas à biomassa para geração de energia (ex.: petróleo, energia hidroelétrica, etc.). *Marcar apenas uma oval.*



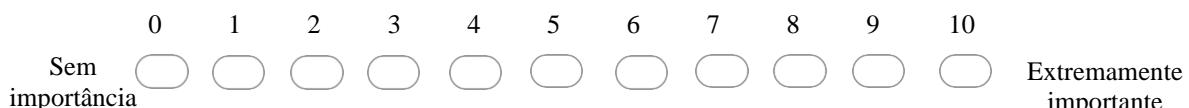
53. Custo da biomassa como matéria prima para geração de energia. *Marcar apenas uma oval.*



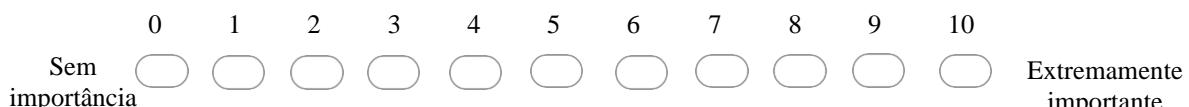
54. Disponibilidade de biomassa para finalidades energéticas. *Marcar apenas uma oval.*



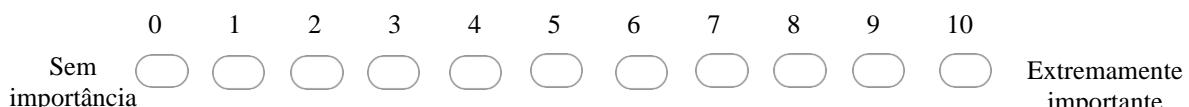
55. Qualidade da biomassa para finalidades energéticas (teor de umidade, teor de cinzas e poder calorífico). *Marcar apenas uma oval.*



56. Tratamento adequado (separação, armazenamento, etc.) aos resíduos industriais (cascas, serragem, etc.). *Marcar apenas uma oval.*



57. Tecnologia de geração de energia a partir da biomassa (máquinas e equipamentos industriais com maior eficiência). *Marcar apenas uma oval.*



58. Na sua opinião, qual é a maior DEMANDA DE PESQUISA que contribuiria para um maior uso (demanda) da biomassa florestal para geração de energia no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

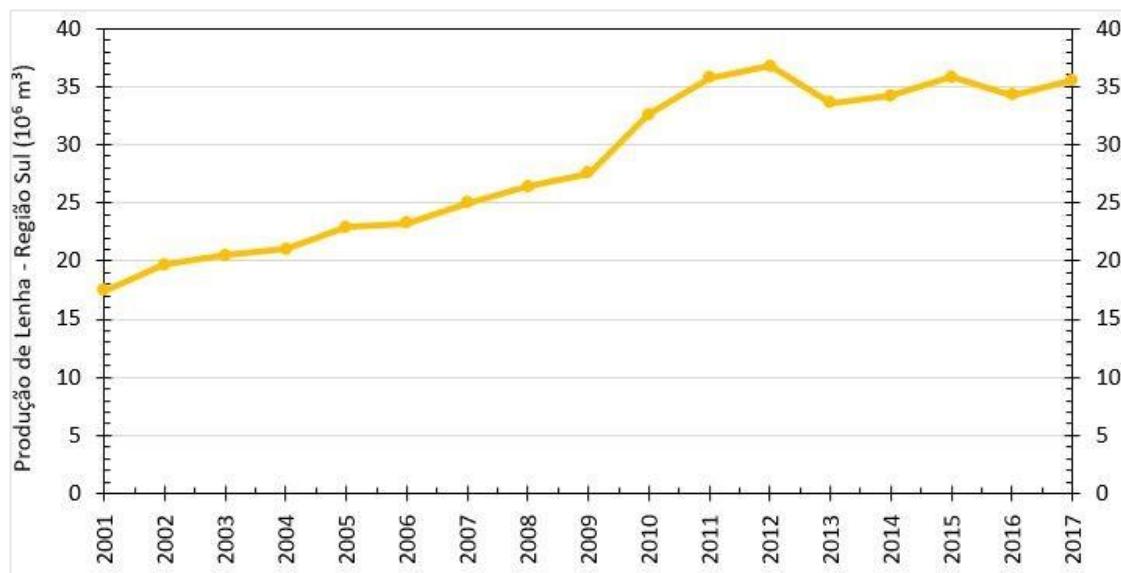
59. Na sua opinião, qual é a maior DEMANDA DE PESQUISA que contribuiria para um maior uso (demanda) da biomassa florestal para geração de energia no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

- 60.** Na sua opinião, qual é a maior DEMANDA DE PESQUISA que contribuiria para um maior uso (demanda) da biomassa florestal para geração de energia no BRASIL? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).
-
-

BLOCO 3 - PROSPECÇÃO PARA AS REGIÕES BRASILEIRAS

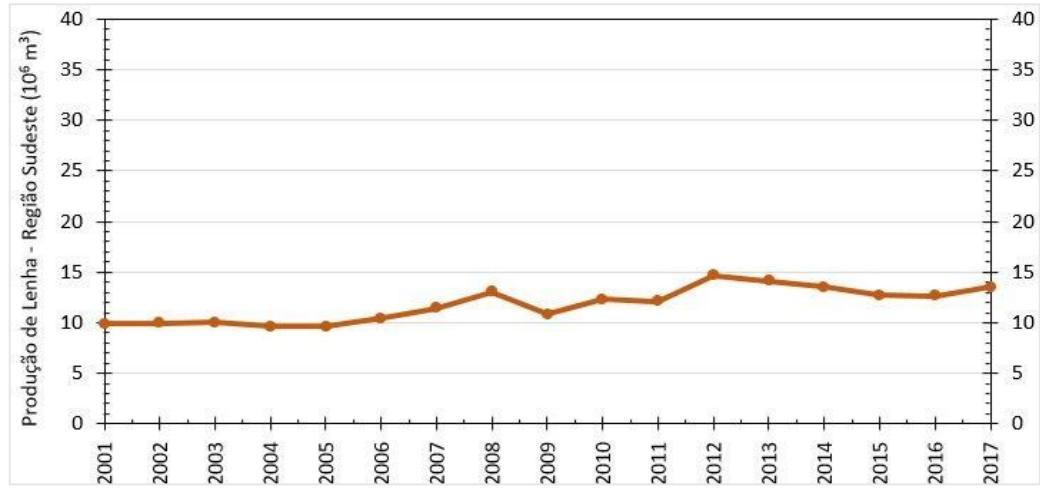
Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando as diferentes REGIÕES BRASILEIRAS.

Em 2017, a região geográfica com maior produção de lenha de silvicultura foi o Sul do país (64,05%), seguida pela região Sudeste (24,32%), Centro-Oeste (9,02%), Nordeste (2,27%) e Norte (0,34%). Observe a evolução da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO SUL (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



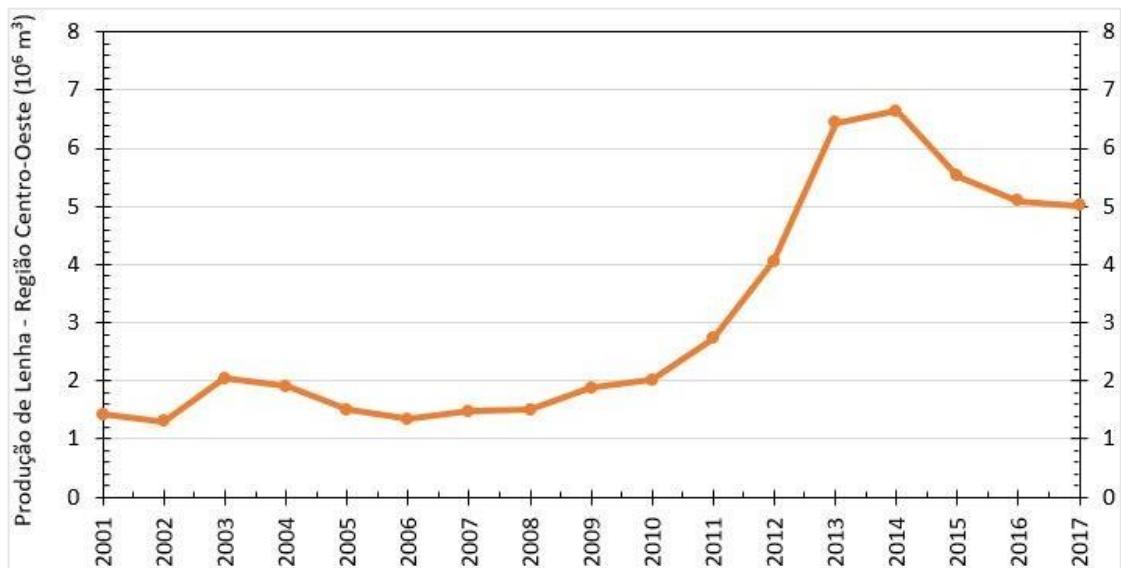
- 61.** Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2017 a taxa de crescimento foi de 4,54% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO SUL? Use sinal negativo para decréscimo.
-

Observe a evolução da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO SUDESTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



62. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2017 a taxa de crescimento foi de 1,98% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO SUDESTE? Use sinal negativo para decréscimo.
-

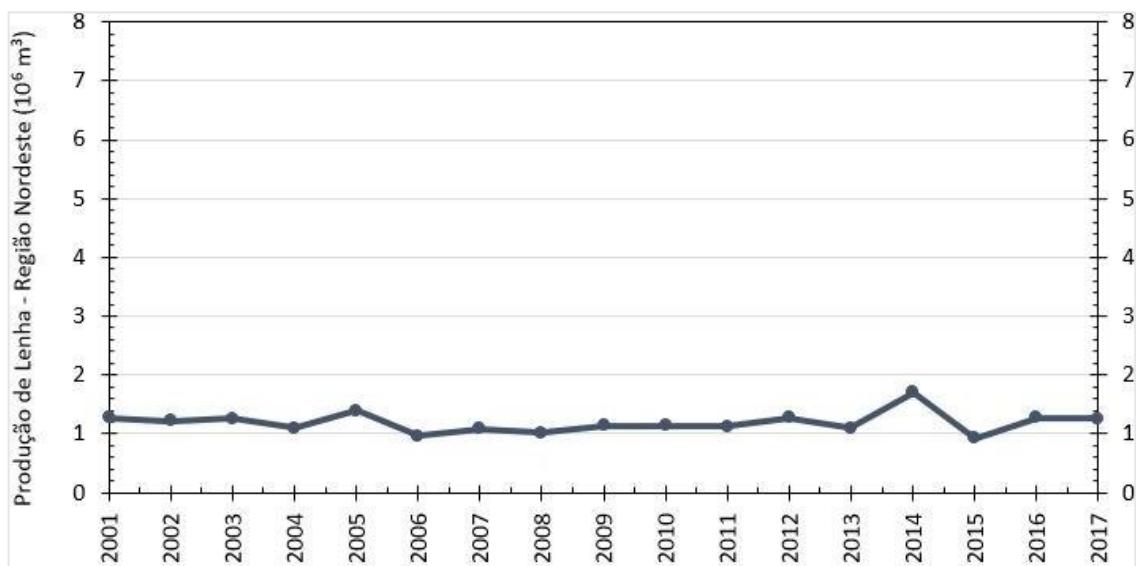
Observe a evolução da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO CENTRO- OESTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



63. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2014 a taxa de crescimento foi de 12,57% ao ano e que nos três últimos anos (2014-2017) houve um

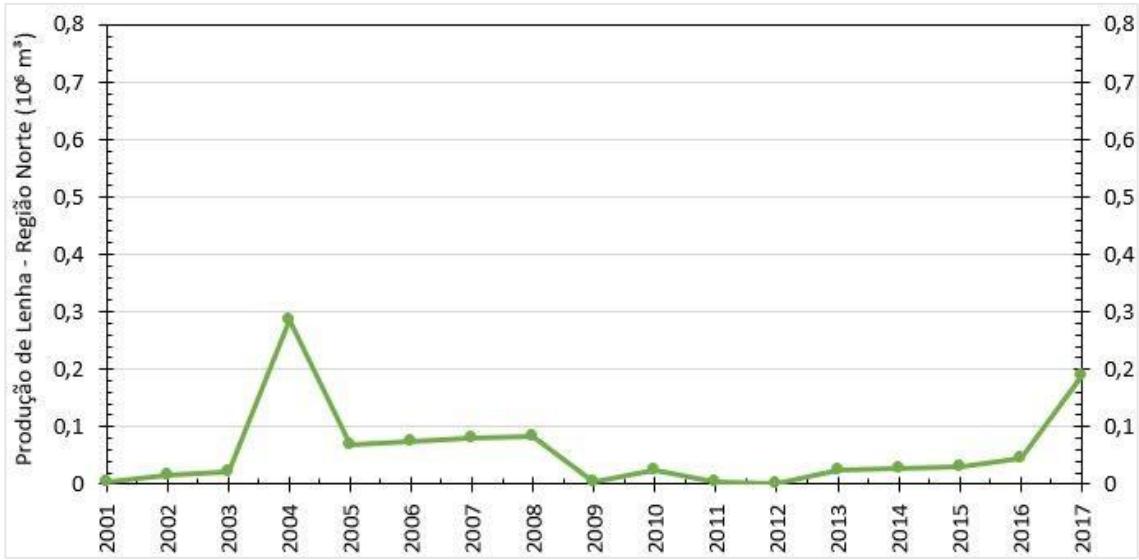
decréscimo de 8,99% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO CENTRO- OESTE? Use sinal negativo para decrecimento.

Observe a evolução da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m^3) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO NORDESTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



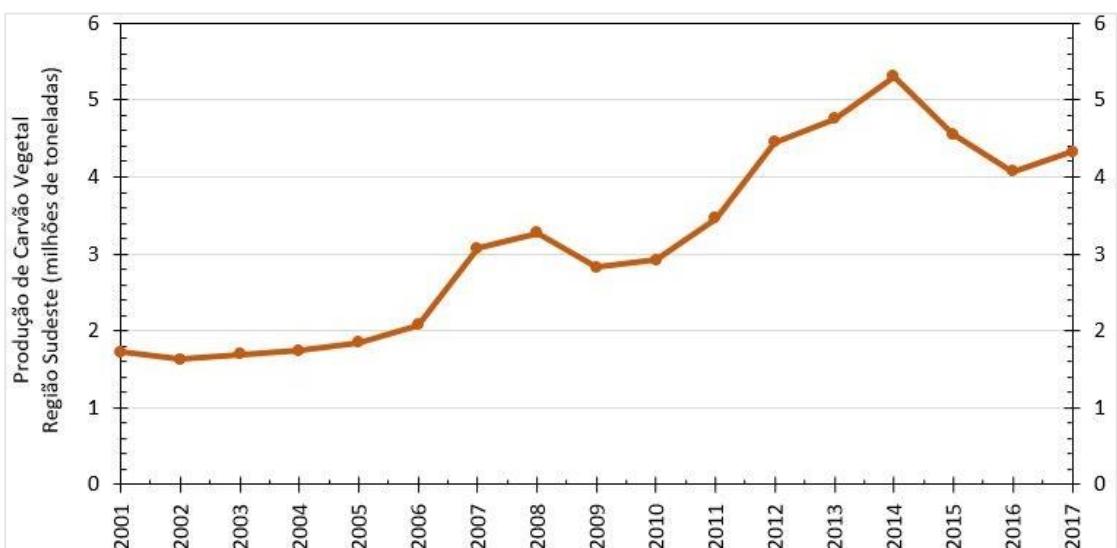
64. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2017 houve um decrecimento de 0,05% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO NORDESTE? Use sinal negativo para decrecimento.

Observe a evolução da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m^3) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO NORTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



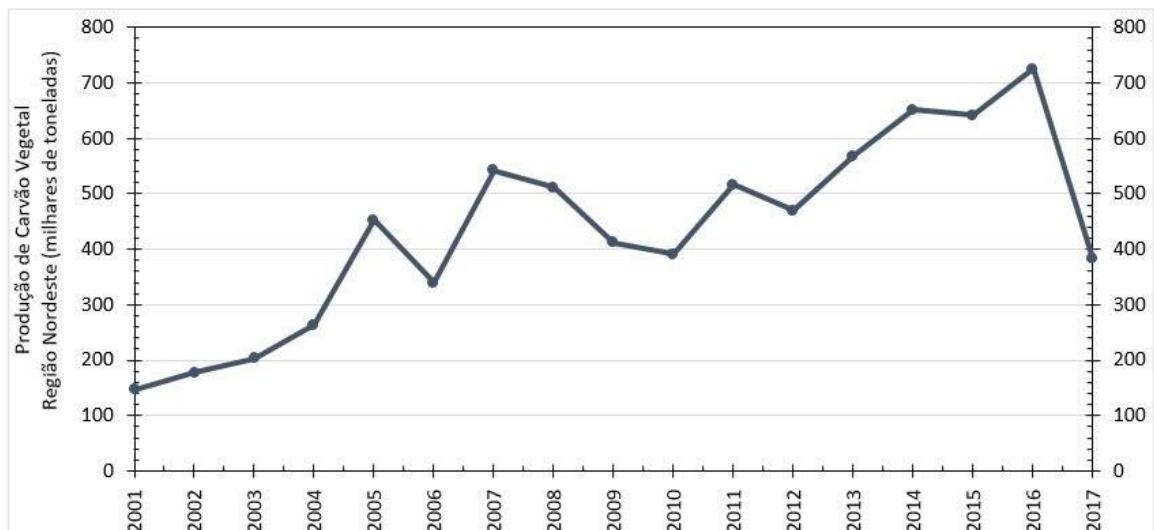
65. Com base na série histórica, observa-se que em 2017 a produção de lenha de silvicultura foi de 187.741 m^3 , contudo o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando seu conhecimento, qual será a perspectiva de produção de LENHA de silvicultura (em m^3) para o ano de 2030 na REGIÃO NORTE?
-

Em 2017, as regiões geográficas com maior concentração da produção de carvão vegetal foram a Sudeste (88,00%) e Nordeste (7,78%), principalmente em alguns municípios, seguida pelas regiões Sul (2,74%), Centro-Oeste (1,48%) e Norte (0,00%). Observe a evolução da produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (em milhões de toneladas) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO SUDESTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



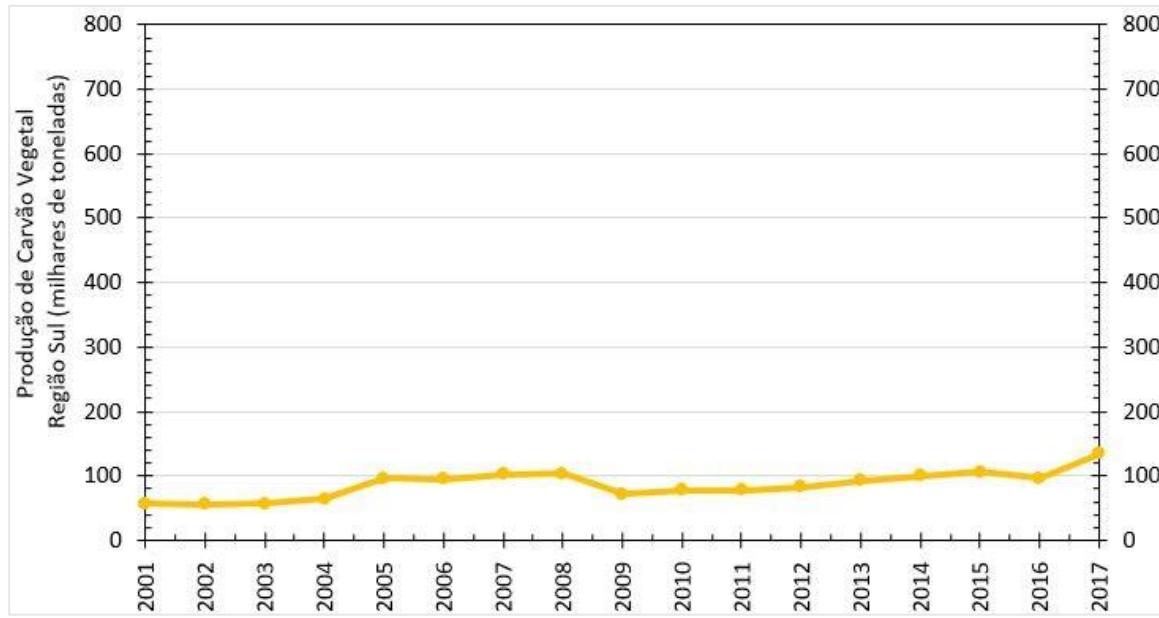
66. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2014 a taxa de crescimento foi de 9,04% ao ano e nos últimos três anos (2014-2017) houve um decréscimo de 6,58%. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO SUDESTE? Use sinal negativo para decréscimo.
-

Observe a evolução da produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (em milhares de toneladas) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO NORDESTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



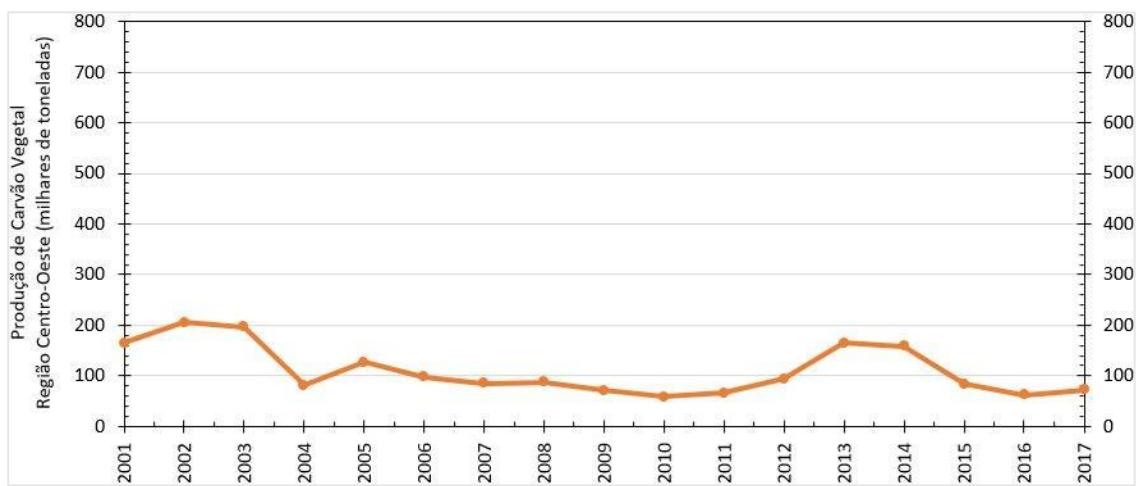
67. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2016 a taxa de crescimento foi de 11,24% ao ano e no último ano (2016-2017) houve um decréscimo de 47,29%. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO NORDESTE? Use sinal negativo para decréscimo.
-

Observe a evolução da produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (em milhares de toneladas) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO SUL (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



68. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2017 a taxa de crescimento foi de 5,49% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO SUL? Use sinal negativo para decréscimo.
-

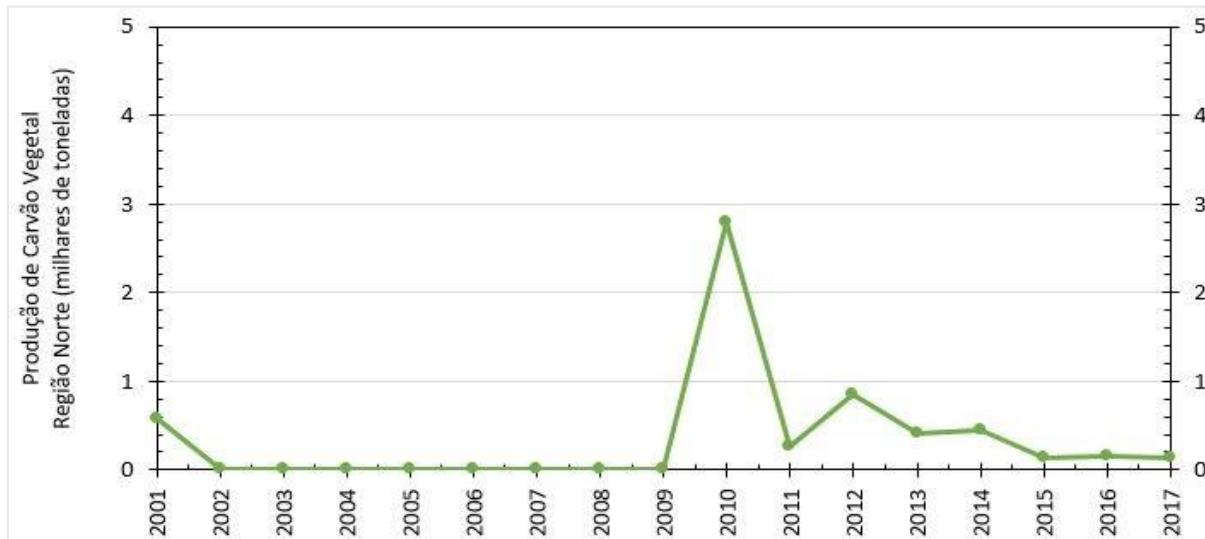
Observe a evolução da produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (em milhares de toneladas) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO CENTRO-OESTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



69. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2017 a houve um decréscimo de 4,96% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de

crescimento anual (%) para a produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura para os próximos anos (até 2030) na REGIÃO CENTRO-OESTE?

Observe a evolução da produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (em milhares de toneladas) no período de 2001 a 2017 para a REGIÃO NORTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



70. Com base na série histórica, observa-se que em 2017 a produção de carvão vegetal de silvicultura foi de 142 toneladas, contudo o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de carvão vegetal de silvicultura nesta região. Indique, considerando o seu conhecimento, qual será a perspectiva de produção de CARVÃO VEGETAL da silvicultura (em toneladas) para os anos de 2030 na REGIÃO NORTE?

71. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado(a) para responder perguntas relativas à Região escolhida. Sendo assim, qual REGIÃO do BRASIL o(a) senhor(a) atua/possui experiência no ramo de biomassa florestal para finalidades energéticas? * *Marcar apenas uma oval.*

- Norte *Ir para a pergunta 72.*
- Nordeste *Ir para a pergunta 90.*
- Centro-Oeste *Ir para a pergunta 113.*
- Sul *Ir para a pergunta 125.*
- Sudeste *Ir para a pergunta 135.*

REGIÃO NORTE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando a sua REGIÃO de atuação.

72. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2017, os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas, cerca de 72% do total, seguido dos plantios de pinus que ocuparam 1,6 milhão de hectares. A acácia, teca, seringueira e paricá estão entre as outras espécies plantadas no país. Considerando as espécies apontadas, expresse sua expectativa para sua REGIÃO sobre os plantios de cada espécies PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS nos próximos anos (até 2030): *Marcar apenas uma oval por linha.*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teca	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acácia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seringueira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paricá	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

73. Indique outras potenciais espécies de árvores plantadas para finalidades energéticas na sua REGIÃO:

74. Avalie o potencial de avanço da sua REGIÃO perante o cenário brasileiro para a utilização de BIOMASSA FLORESTAL para fins energéticos. *Marcar apenas uma oval.*

- Alta redução
- Baixa redução
- Se manterá constante
- Baixo crescimento
- Alto crescimento

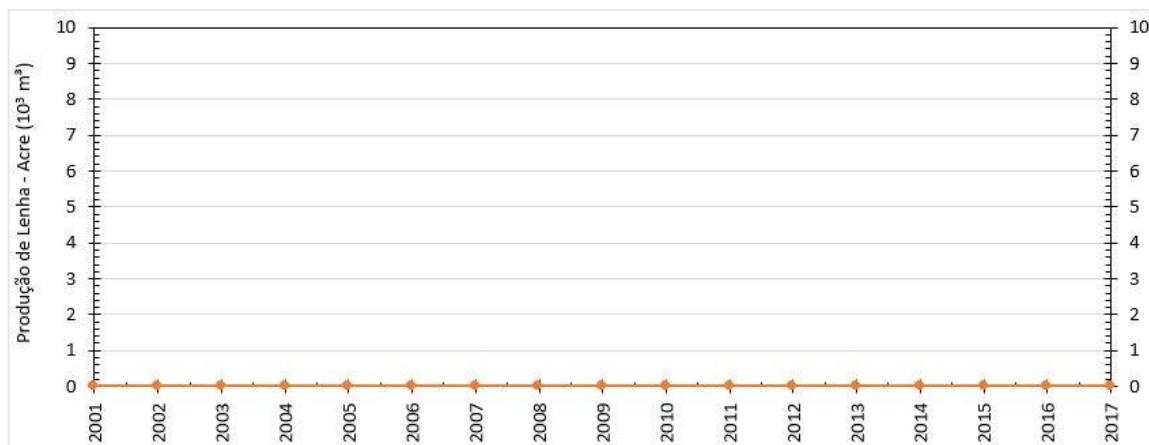
75. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a um outro bloco com questões relativas ao seu ESTADO de atuação. Sendo assim, em qual dos estados a seguir o(a) senhor(a) possui MAIOR experiência de atuação: * *Marcar apenas uma oval.*

- Acre *Ir para a pergunta 76.*
- Amapá *Ir para a pergunta 78.*
- Amazonas *Ir para a pergunta 80.*
- Pará *Ir para a pergunta 82.*
- Rondônia *Ir para a pergunta 84.*
- Roraima *Ir para a pergunta 86.*
- Tocantins *Ir para a pergunta 88.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO ACRE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^3 m³) no estado do ACRE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



76. Com base na série histórica, observa-se que não houve registros de produção no intervalo que compreende os anos de 2001-2017. Indique, considerando sua expectativa, se haverá uma produção e qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do ACRE?

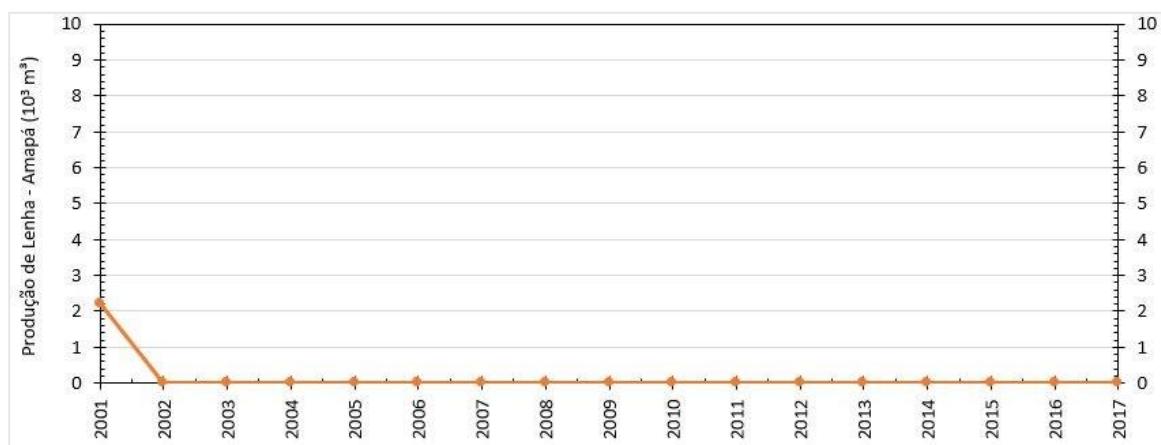
77. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO AMAPÁ

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^3 m³) no estado do AMAPÁ (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



78. Com base na série histórica, observa-se que em 2001 houve o registro de uma produção de 2.190 m³, entretanto não houve registros de produção no intervalo que compreende os anos de 2002-2017. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do AMAPÁ?

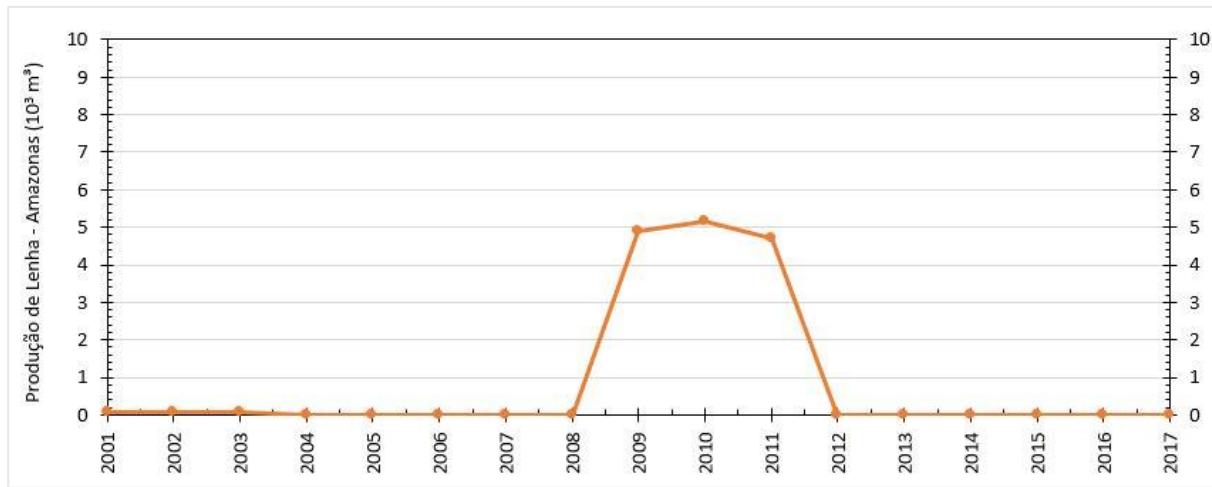
79. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO AMAZONAS

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^3 m³) no estado do AMAZONAS (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



80. Com base na série histórica, observa-se que no intervalo de 2009-2011 houve registros de produção, atingindo 5.145 m³ em 2010, entretanto não houve registros de produção nos demais anos. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do AMAZONAS?

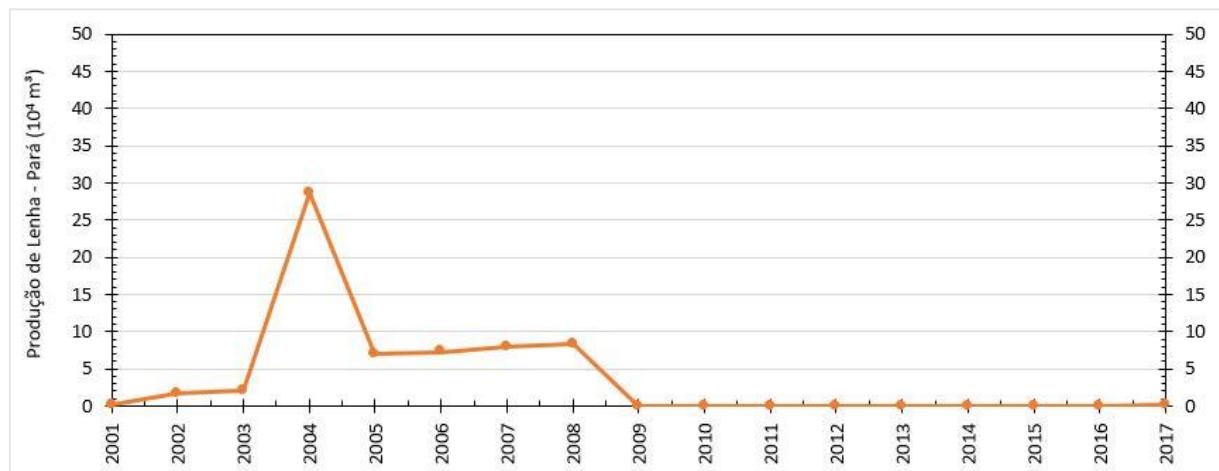
81. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO PARÁ

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^4 m³) no estado do PARÁ (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



82. Com base na série histórica, observa-se que não houve registros de produção nos últimos anos (2009-2017), entretanto em 2004 a produção atingiu 286.350 m³. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do PARÁ?

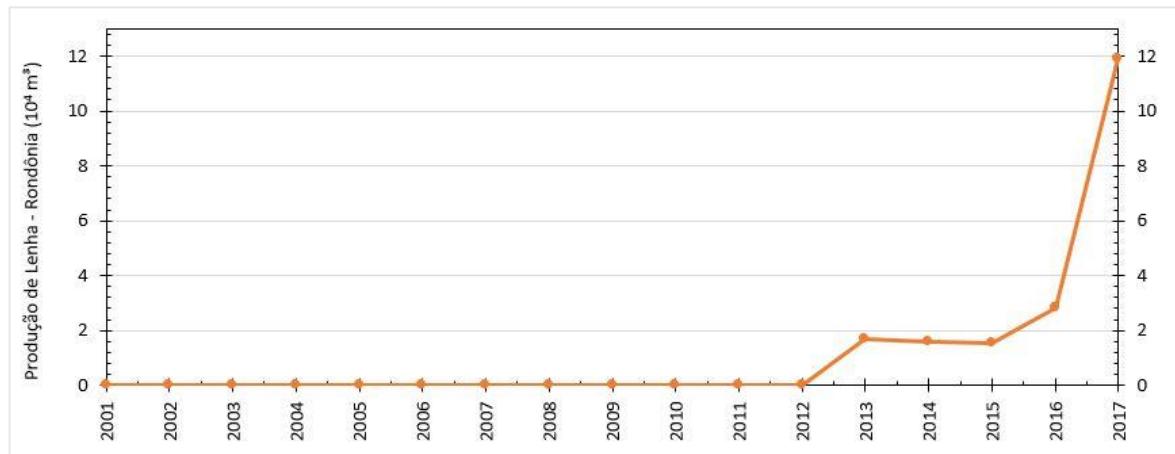
83. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE RONDÔNIA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10⁴ m³) no estado de RONDÔNIA (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



84. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2013-2016 houve um crescimento de 18,80% ao ano e em 2017 a produção foi de 119.206 m³. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado de RONDÔNIA?

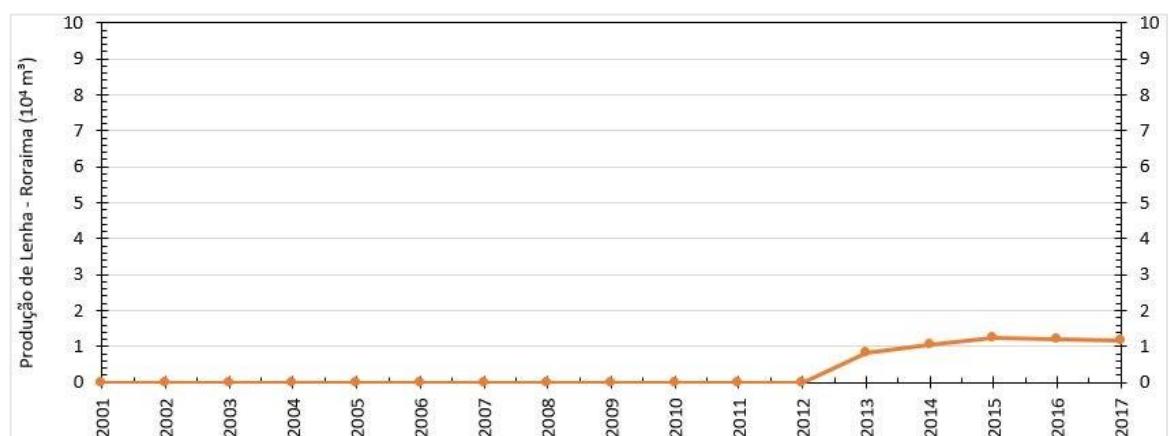
85. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada ** Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE RORAIMA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10⁴ m³) no estado de RORAIMA (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



86. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2001-2012 não houve registros de produção e entre 2013-2017 houve um crescimento de 8,60% ao ano, apresentando uma produção de 11.545 m³ no último ano. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado de RORAIMA?

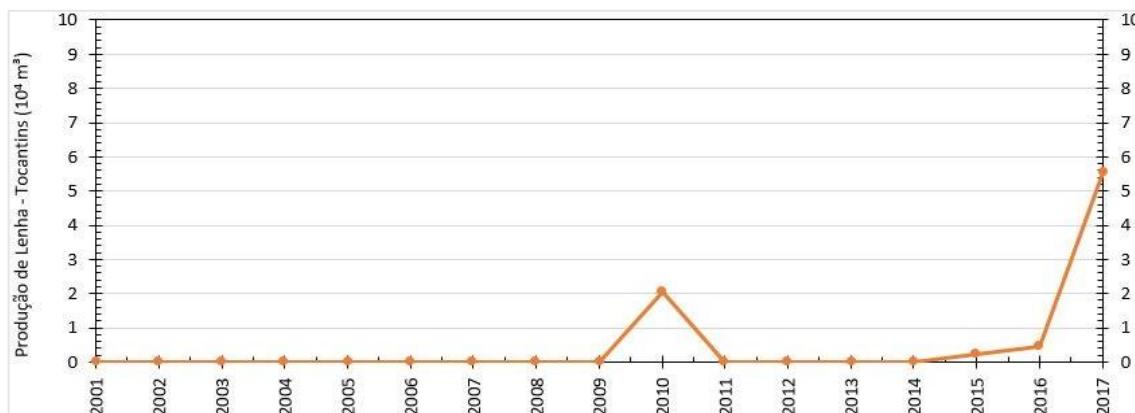
87. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE TOCANTINS

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10⁴ m³) no estado de TOCANTINS (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



88. Com base na série histórica, observa-se que a produção de lenha de silvicultura foi de 4.590 m³ em 2016 e 55.484 m³ no último ano (2017). Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado de TOCANTINS?

89. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada ** Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

REGIÃO NORDESTE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando a sua REGIÃO de atuação.

90. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2017, os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas, cerca de 72% do total, seguido dos plantios de pinus que ocuparam 1,6 milhão de hectares. A acácia, teca, seringueira e paricá estão entre as outras espécies plantadas no país. Considerando as espécies apontadas, expresse sua expectativa para sua REGIÃO sobre os plantios de cada espécies PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS nos próximos anos (até 2030): *Marcar apenas uma oval por linha.*

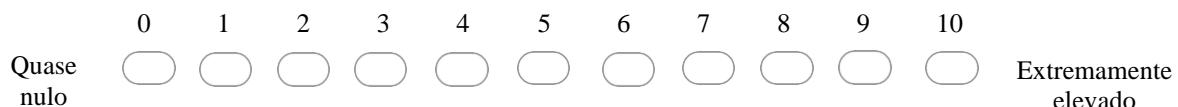
	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	<input type="checkbox"/>				
Pinhão manso	<input type="checkbox"/>				

91. Indique outras potenciais espécies de árvores plantadas para finalidades energéticas na sua REGIÃO:

92. Avalie o potencial de avanço da sua REGIÃO perante o cenário brasileiro para a utilização de BIOMASSA FLORESTAL para fins energéticos. *Marcar apenas uma oval.*

- Alta redução
- Baixa redução
- Se manterá constante
- Baixo crescimento
- Alto crescimento

93. Na Região Nordeste destaca-se a produção de cana-de-açúcar. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), a produção de açúcar no Brasil foi de 38,1 milhões de toneladas em 2017. Neste mesmo ano, os derivados da cana-de-açúcar representaram 17% da oferta interna de energia renovável (42,9%) do País. Considerando que a lenha e o carvão vegetal correspondem 8% dessa energia renovável, na sua opinião, o potencial de crescimento da produção de lenha e do carvão vegetal de silvicultura para finalidades energéticas, em relação a cana-de-açúcar nos próximos anos (até 2030) será:



94. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a um outro bloco com questões relativas ao seu ESTADO de atuação. Sendo assim, em qual dos estados a seguir o(a) senhor(a) possui MAIOR experiência de atuação: * *Marcar apenas uma oval.*

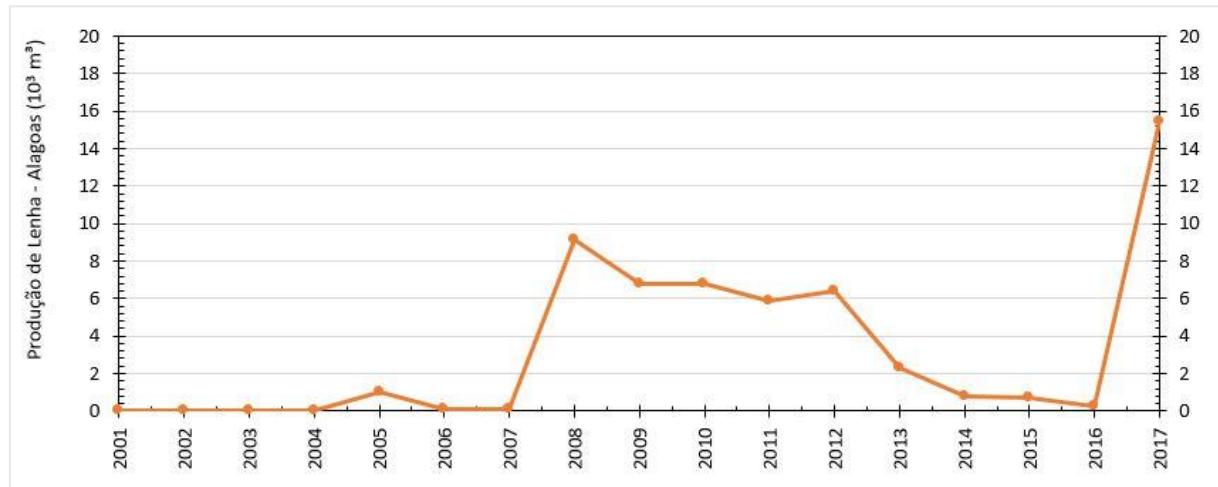
- Alagoas *Ir para a pergunta 95.*
- Bahia *Ir para a pergunta 97.*
- Ceará *Ir para a pergunta 99.*
- Maranhão *Ir para a pergunta 101.*
- Paraíba *Ir para a pergunta 103.*
- Pernambuco *Ir para a pergunta 105.*
- Piauí *Ir para a pergunta 107.*
- Rio Grande do Norte *Ir para a pergunta 109.*

Sergipe [Ir para a pergunta 111.](#)

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE ALAGOAS

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^3 m³) no estado de ALAGOAS (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



95. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2008-2016 houve um decréscimo de 35,90% ao ano e em 2017 a produção foi de 15.410 m³. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de ALAGOAS? Use sinal negativo para indicar decréscimo.

96. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

Pesquisa [Ir para a pergunta 149.](#)

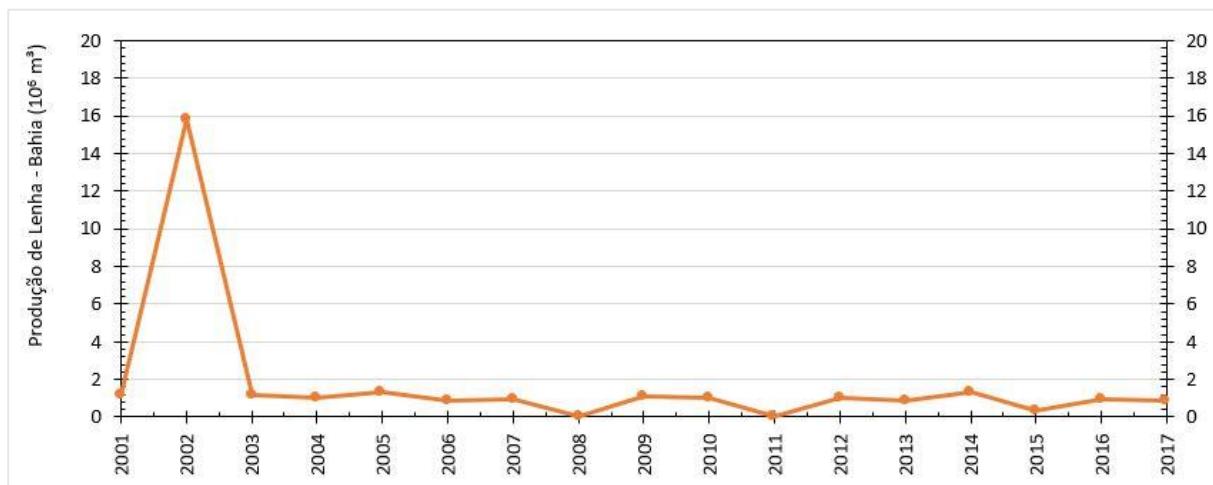
Mercado [Ir para a pergunta 153.](#)

- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DA BAHIA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m^3) no estado da BAHIA (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



97. Com base na série histórica, observa-se que a produção foi de $15.798.889 \text{ m}^3$ em 2002 e 833.299 m^3 em 2017. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m^3) para o ano de 2030 no no estado da BAHIA?

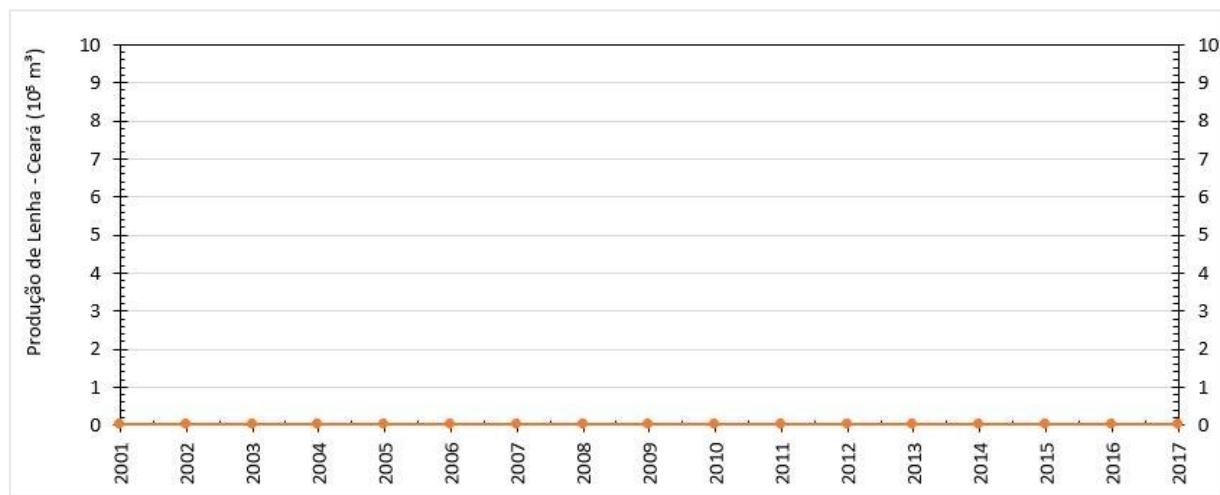
98. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada ** Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO CEARÁ

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^5 m³) no estado do CEARÁ (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



- 99.** Com base na série histórica, observa-se que não houve registros de produção no intervalo que compreende os anos de 2001-2017. Indique, considerando sua expectativa, se haverá uma produção e qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do CEARÁ?
-

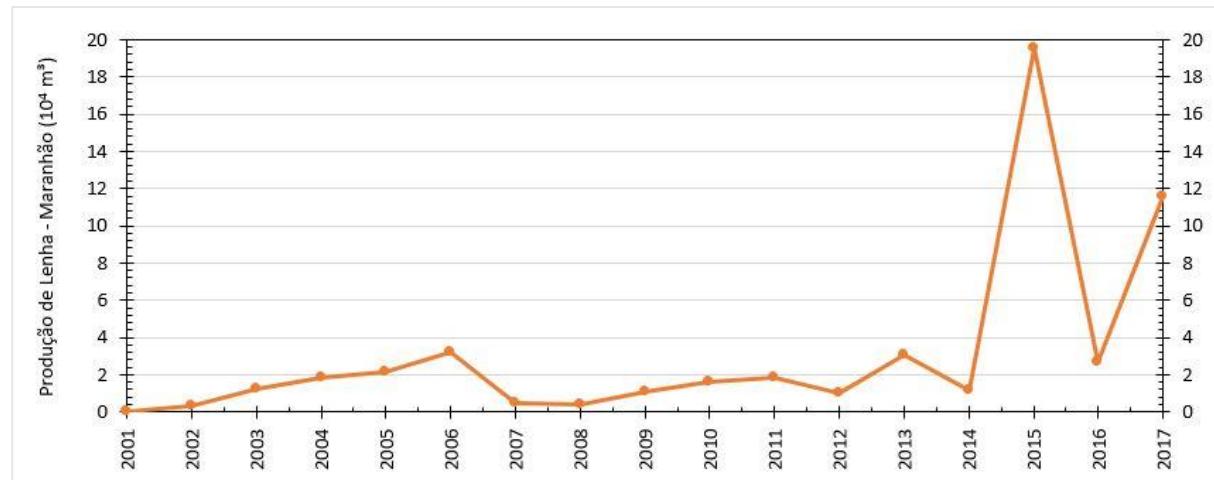
100. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada *** Marcar apenas uma oval.**

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO MARANHÃO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^4 m³) no estado do MARANHÃO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



101. Com base na série histórica, observa-se que entre os anos de 2002-2013 houve um crescimento anual de 22,09% e em 2017 a produção foi de 115.690 m³. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do MARANHÃO?

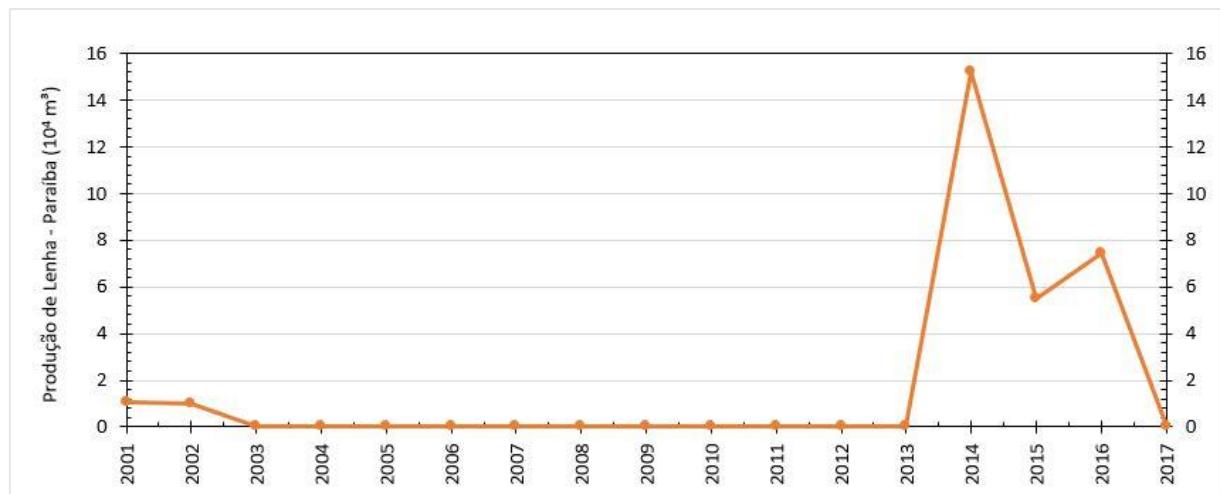
102. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DA PARAÍBA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^4 m³) no estado da PARAÍBA (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



103. Com base na série histórica, observa-se que em 2014 a produção foi de 152.232 m³ e em 2017 não houve registro de produção. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado da PARAÍBA?

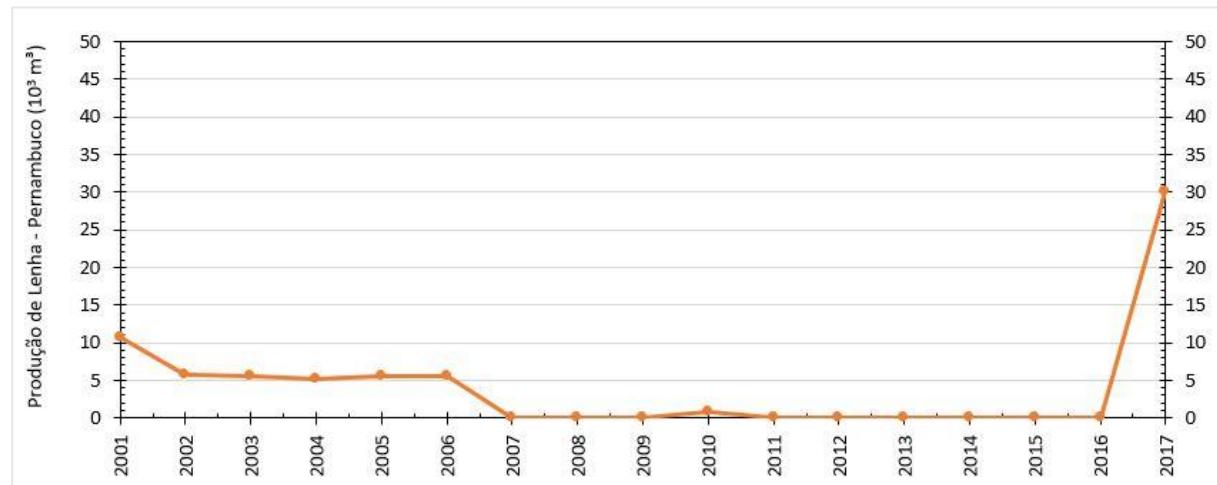
104. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada *** Marcar apenas uma oval.**

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO PERNAMBUCO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^3 m³) no estado de PERNAMBUCO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



105. Com base na série histórica, observa-se que no intervalo de 2001-2006 houve um decréscimo de 12,47% ao ano e em 2017 a produção foi de 30.000 m³. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região.

Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do PERNAMBUCO?

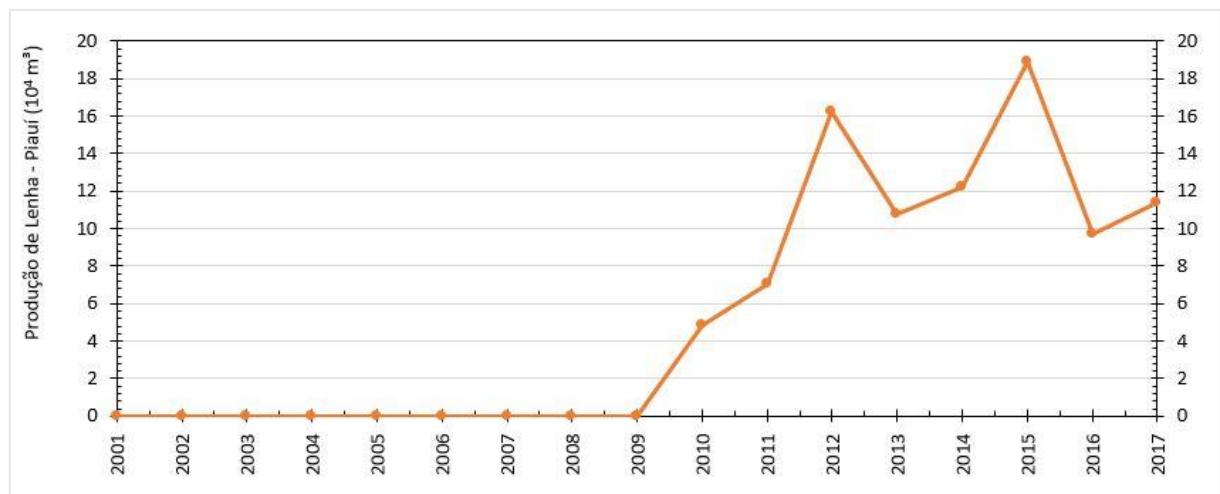
106. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO PIAUÍ

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10⁴ m³) no estado do PIAUÍ (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



107. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2010-2015 houve um crescimento de 31,13% ao ano e no intervalo de 2015-2017 houve um decréscimo de 22,45% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado do PIAUÍ? Use sinal negativo para decréscimo.

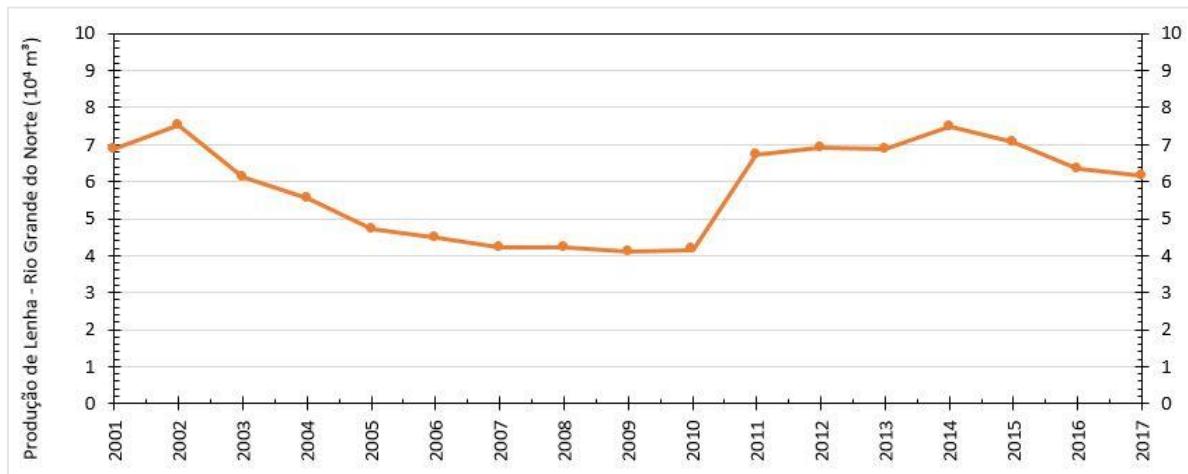
108. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^4 m³) no estado do RIO GRANDE DO NORTE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



109. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2010 houve um decréscimo de 5,45% ao ano e no intervalo de 2010-2017 houve um crescimento de 5,75% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado do RIO GRANDE DO NORTE? Use sinal negativo para decréscimo.

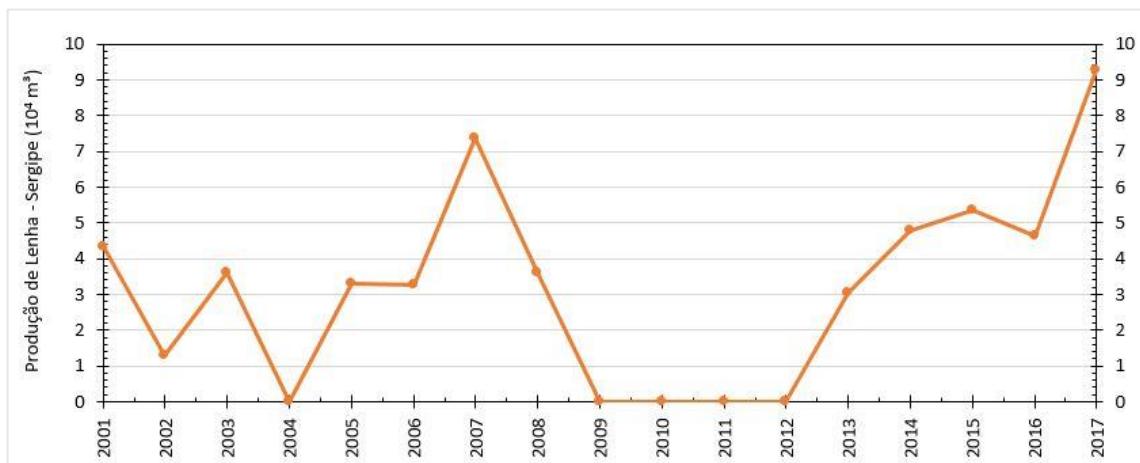
110. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada ** Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO SERGIPE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^4 m³) no estado do SERGIPE (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



111. Com base na série histórica, observa-se que não houve registros em alguns anos e que no ano de 2017 a produção foi de 92.552 m³. Desse modo, o quadro histórico não indica tendências de futuro para a produção de lenha de silvicultura nesta região. Indique, considerando sua expectativa, qual será o volume de LENHA de silvicultura produzido (em m³) para o ano de 2030 no estado do SERGIPE?

112. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

REGIÃO CENTRO-OESTE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando a sua REGIÃO de atuação.

113. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2017, os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas, cerca de 72% do total, seguido dos plantios de pinus que ocuparam 1,6 milhão de hectares. A acácia, teca, seringueira e paricá estão entre as outras espécies plantadas no país. Considerando as espécies apontadas, expresse sua expectativa para sua REGIÃO sobre os plantios de cada espécies PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS nos próximos anos (até 2030): *Marcar apenas uma oval por linha.*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	<input type="checkbox"/>				
Pinus	<input type="checkbox"/>				
Paricá	<input type="checkbox"/>				
Teca	<input type="checkbox"/>				
Seringueira	<input type="checkbox"/>				

114. Indique outras potenciais espécies de árvores plantadas para finalidades energéticas na sua REGIÃO:

115. Avalie o potencial de avanço da sua REGIÃO perante o cenário brasileiro para a utilização de BIOMASSA FLORESTAL para fins energéticos. *Marcar apenas uma oval.*

- Alta redução
- Baixa redução
- Se manterá constante
- Baixo crescimento
- Alto crescimento

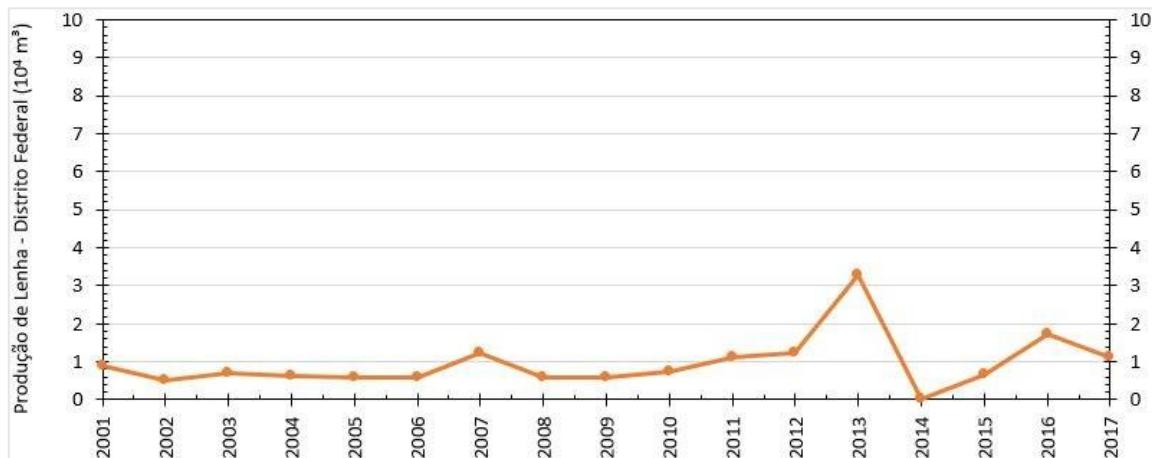
116. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a um outro bloco com questões relativas ao seu ESTADO de atuação. Sendo assim, em qual dos estados a seguir o(a) senhor(a) possui MAIOR experiência de atuação: * *Marcar apenas uma oval.*

- Distrito Federal *Ir para a pergunta 117.*
- Goiás *Ir para a pergunta 119.*
- Mato Grosso *Ir para a pergunta 121.*
- Mato Grosso do Sul *Ir para a pergunta 123.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O DISTRITO FEDERAL

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^4 m³) no DISTRITO FEDERAL (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



117. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 1,39% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no DISTRITO FEDERAL? Use sinal negativo para decréscimo.

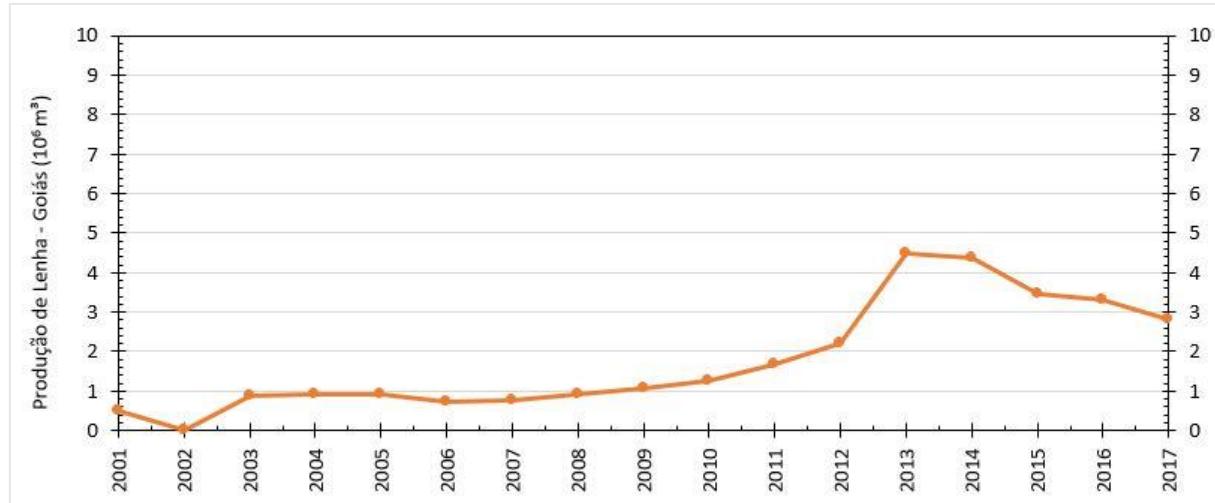
118. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE GOIÁS

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10⁶ m³) no estado de GOIÁS (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



119. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 11,17% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de GOIÁS? Use sinal negativo para decréscimo.

120. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

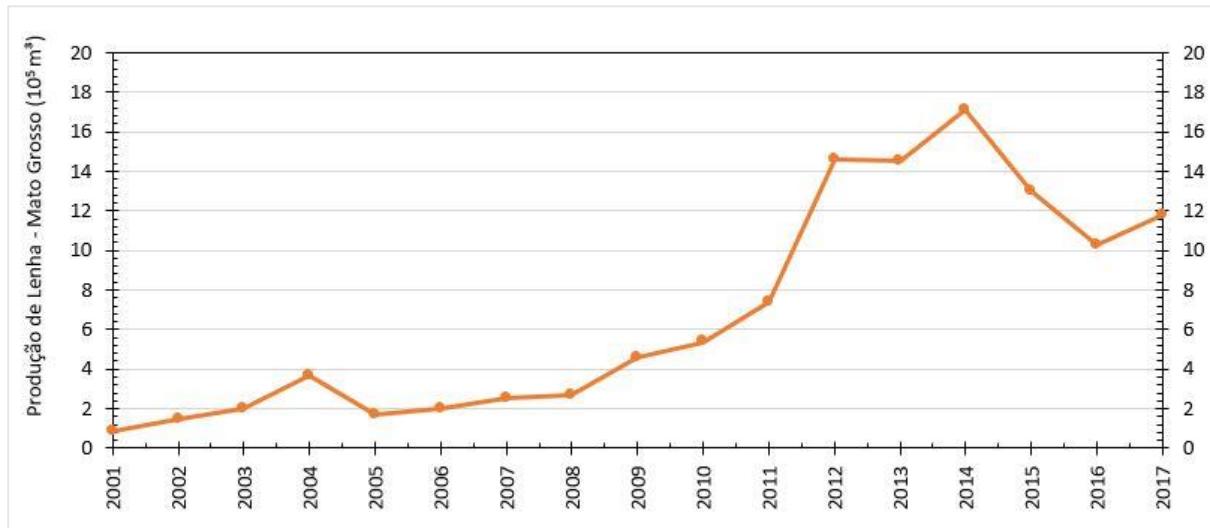
- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE MATO GROSSO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de

silvicultura (em 10^5 m³) no estado de MATO GROSSO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



121. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 17,56% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de MATO GROSSO? Use sinal negativo para decréscimo.

122. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

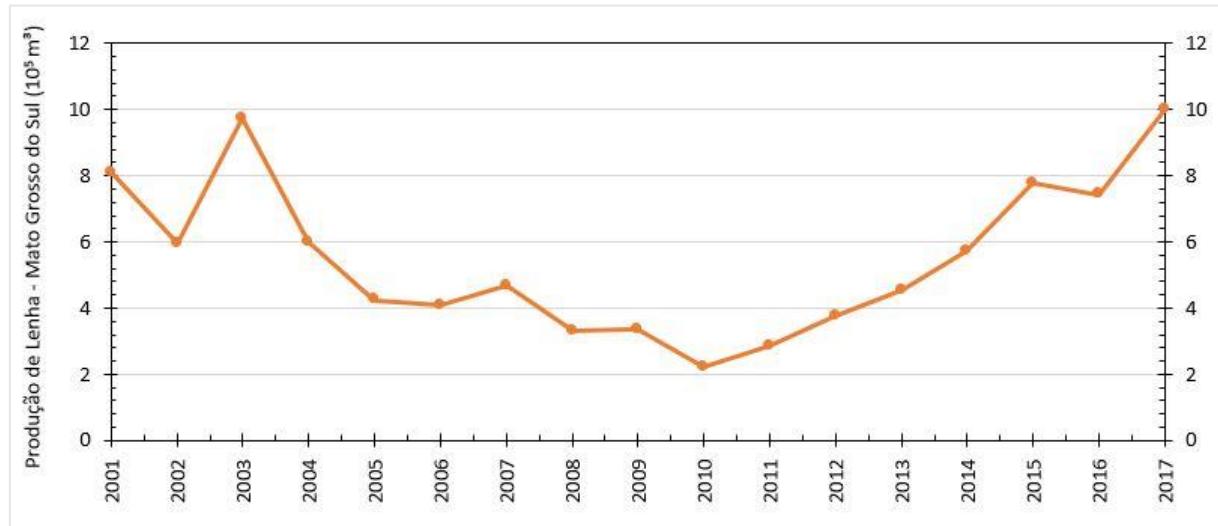
- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais

(14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^5 m³) no estado de MATO GROSSO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



123. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 1,35% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de MATO GROSSO DO SUL? Use sinal negativo para decréscimo.

124. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

REGIÃO SUL

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando a sua REGIÃO de atuação.

125. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2017, os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas, cerca de 72% do total, seguido dos plantios de pinus que ocuparam 1,6 milhão de hectares. A acácia, teca, seringueira e paricá estão entre as outras espécies plantadas no país. Considerando as espécies apontadas, expresse sua expectativa para sua REGIÃO sobre os plantios de cada espécies PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS nos próximos anos (até 2030): *Marcar apenas uma oval por linha.*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	<input type="checkbox"/>				
Pinus	<input type="checkbox"/>				
Acácia	<input type="checkbox"/>				

126. Indique outras potenciais espécies de árvores plantadas para finalidades energéticas na sua REGIÃO:

127. Avalie o potencial de avanço da sua REGIÃO perante o cenário brasileiro para a utilização de BIOMASSA FLORESTAL para fins energéticos. *Marcar apenas uma oval.*

- Alta redução
- Baixa redução
- Se manterá constante
- Baixo crescimento
- Alto crescimento

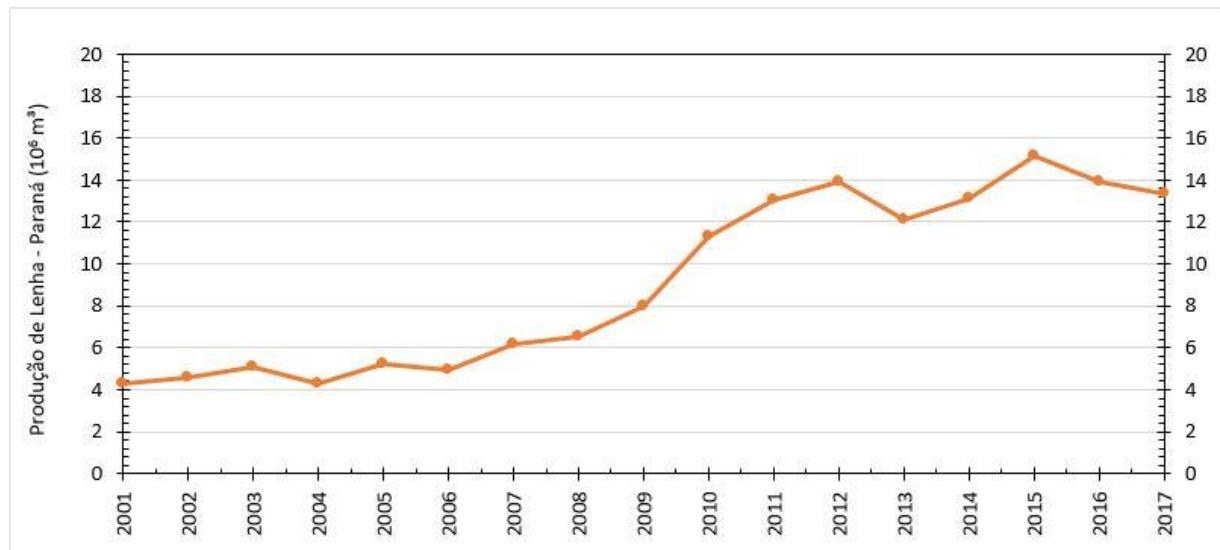
128. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a um outro bloco com questões relativas ao seu ESTADO de atuação. Sendo assim, em qual dos estados a seguir o(a) senhor(a) possui MAIOR experiência de atuação: * *Marcar apenas uma oval.*

- Paraná *Ir para a pergunta 129.*
- Santa Catarina *Ir para a pergunta 131.*
- Rio Grande do Sul *Ir para a pergunta 133.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO PARANÁ

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação.

Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no estado do PARANÁ (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



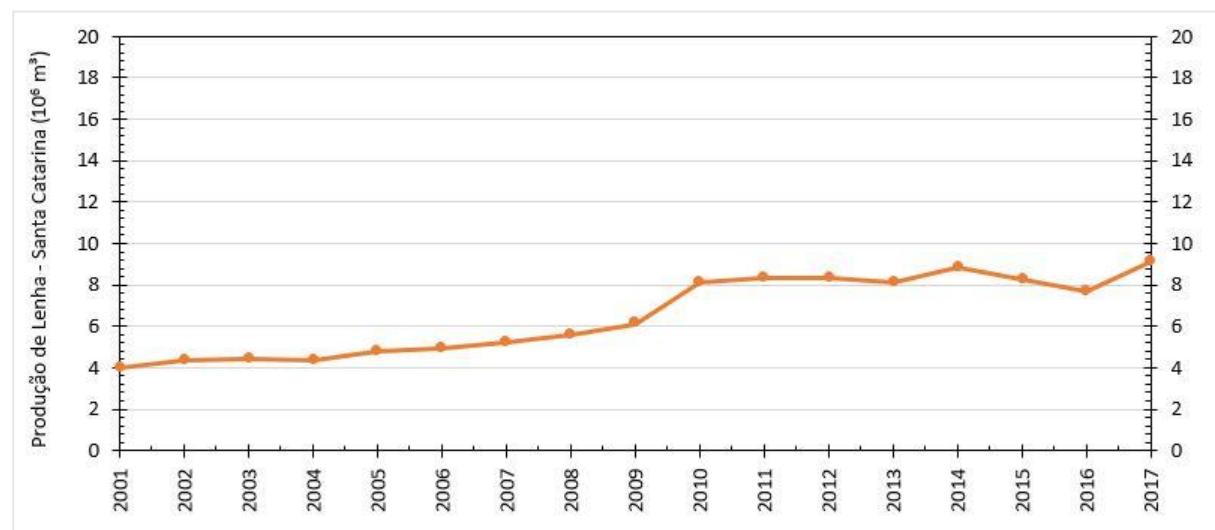
129. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2015 houve um crescimento de 9,44% ao ano e nos anos de 2015-2017 um decréscimo de 6,35%. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de PARANÁ? Use sinal negativo para decréscimo.

130. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada ^{*} *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação. Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no estado de SANTA CATARINA (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



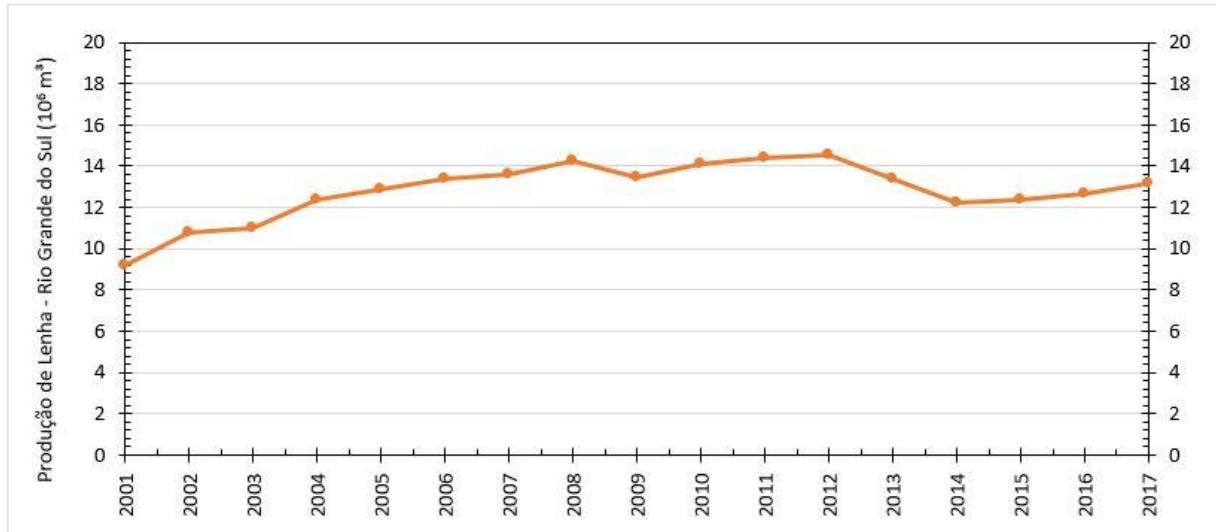
131. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 5,26% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de SANTA CATARINA? Use sinal negativo para decréscimo.

132. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação. Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no estado do RIO GRANDE DO SUL (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



133. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 2,28% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado do RIO GRANDE DO SUL? Use sinal negativo para decréscimo.

134. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

REGIÃO SUDESTE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando a sua REGIÃO de atuação.

135. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2017, os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas, cerca de 72% do total, seguido dos plantios de pinus que ocuparam 1,6 milhão de hectares. A acácia, teca, seringueira e paricá estão entre as outras espécies plantadas no país. Considerando as espécies apontadas, expresse sua expectativa para sua REGIÃO sobre os plantios de cada espécies PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS nos próximos anos (até 2030): *Marcar apenas uma oval por linha.*

	Alta redução	Baixa redução	Se manterá constante	Baixo crescimento	Alto crescimento
Eucalipto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pinus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

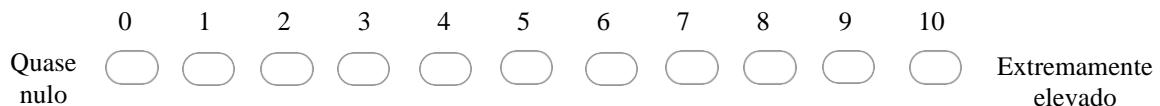
136. Indique outras potenciais espécies de árvores plantadas para finalidades energéticas na sua REGIÃO:

137. Avalie o potencial de avanço da sua REGIÃO perante o cenário brasileiro para a utilização de BIOMASSA FLORESTAL para fins energéticos. *Marcar apenas uma oval.*

- Alta redução
- Baixa redução
- Se manterá constante
- Baixo crescimento
- Alto crescimento

138. Na Região Sudeste destaca-se a produção de cana-de-açúcar. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), a produção de açúcar no Brasil foi de 38,1 milhões de toneladas em 2017. Neste mesmo ano, os derivados da cana-de-açúcar representaram 17% da oferta interna de energia renovável (42,9%) do País. Considerando que a lenha e o carvão vegetal correspondem 8% dessa energia renovável, na sua opinião, o potencial de crescimento da

produção de lenha e do carvão vegetal para finalidades energéticas, em relação a cana-de-açúcar no período de 2030 será:

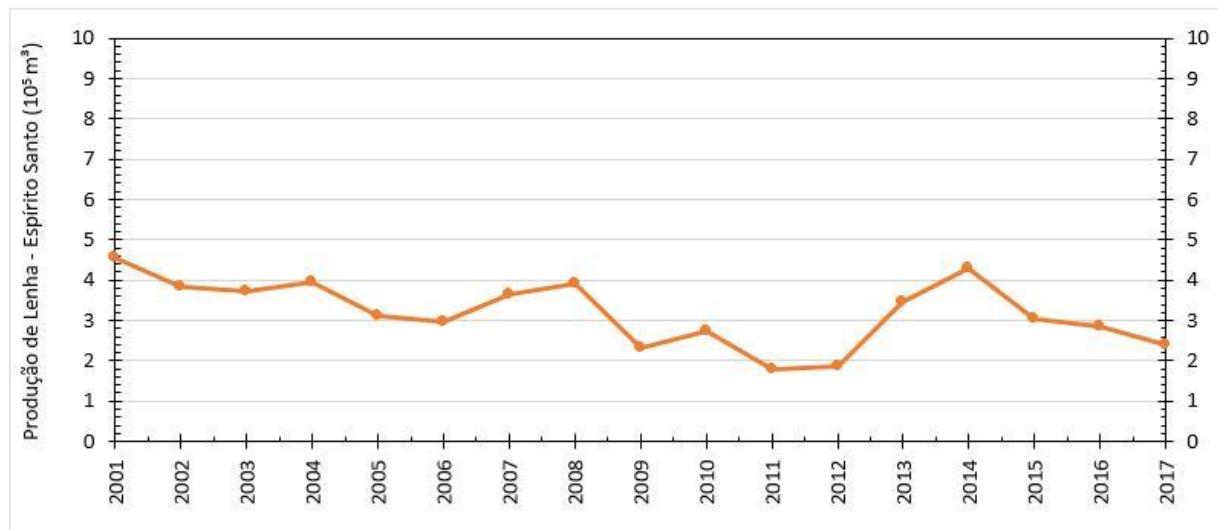


139. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a um outro bloco com questões relativas ao seu ESTADO de atuação. Sendo assim, em qual dos estados a seguir o(a) senhor(a) possui MAIOR experiência de atuação: * *Marcar apenas uma oval.*

- Espírito Santo *Ir para a pergunta 140.*
- Minas Gerais *Ir para a pergunta 142.*
- Rio de Janeiro *Ir para a pergunta 145.*
- São Paulo *Ir para a pergunta 147.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação. Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^5 m³) no estado do ESPÍRITO SANTO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



140. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um decréscimo de 3,90% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual

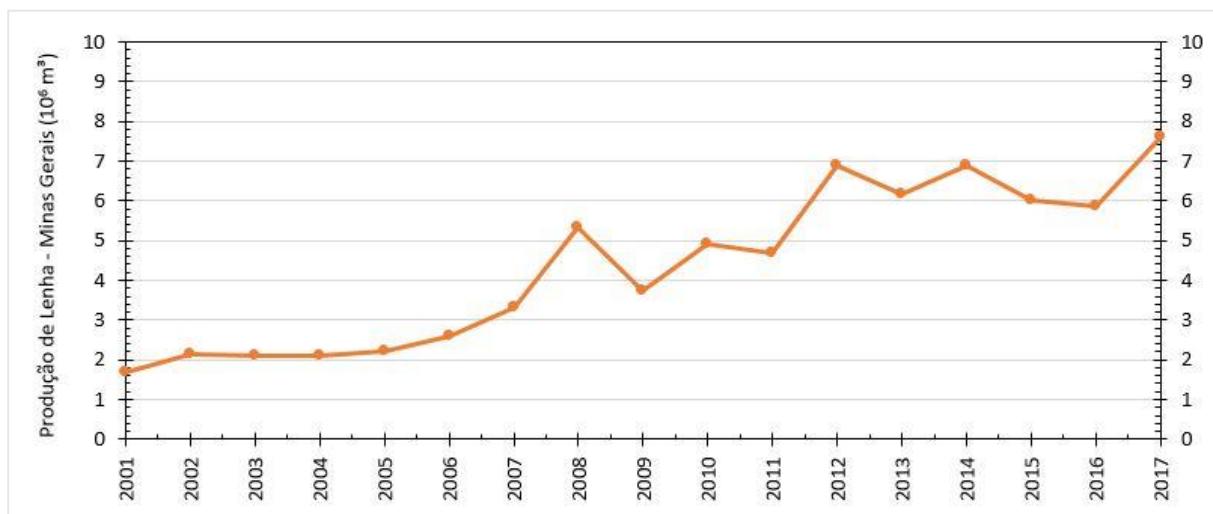
(%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado do ESPÍRITO SANTO? Use sinal negativo para decréscimo.

141. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada *** Marcar apenas uma oval.**

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*
- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS

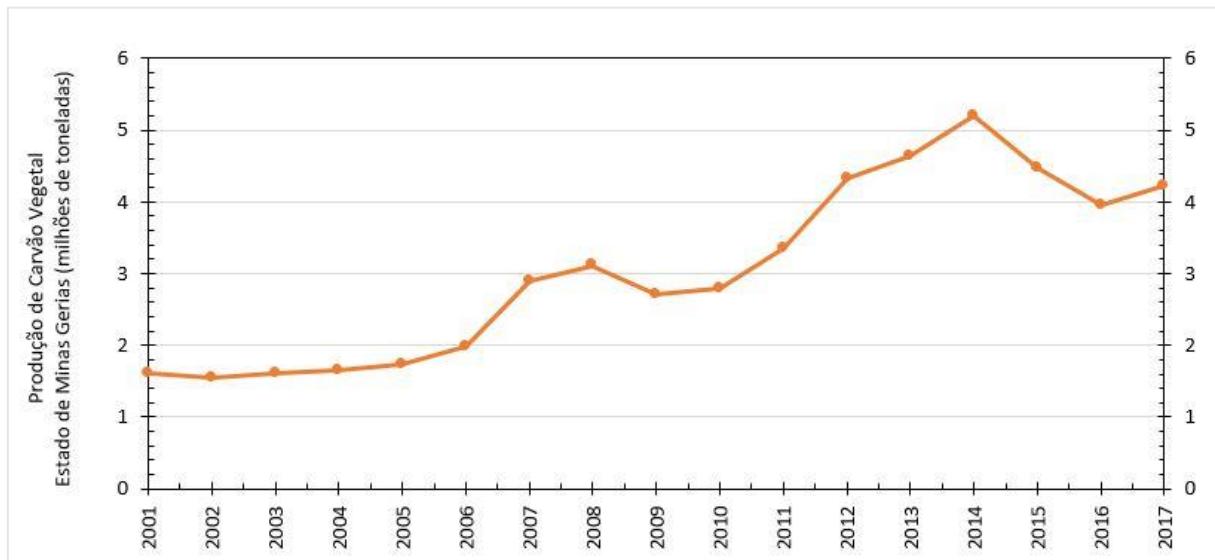
Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação. Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m³) no estado de MINAS GERAIS (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



142. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 9,85% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual

(%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de MINAS GERAIS? Use sinal negativo para decréscimo.

Em 2017, os principais Estados produtores de carvão vegetal de silvicultura, foram: Minas Gerais (85,81%), Maranhão (6,03%) e Bahia (1,75%). Observe a evolução histórica da produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura (em milhões de toneladas) no estado de MINAS GERAIS (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



143. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2014 houve um crescimento de 9,41% ao ano e nos anos de 2014-2017 um decréscimo de 6,73% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de CARVÃO VEGETAL de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de MINAS GERAIS? Use sinal negativo para decréscimo.

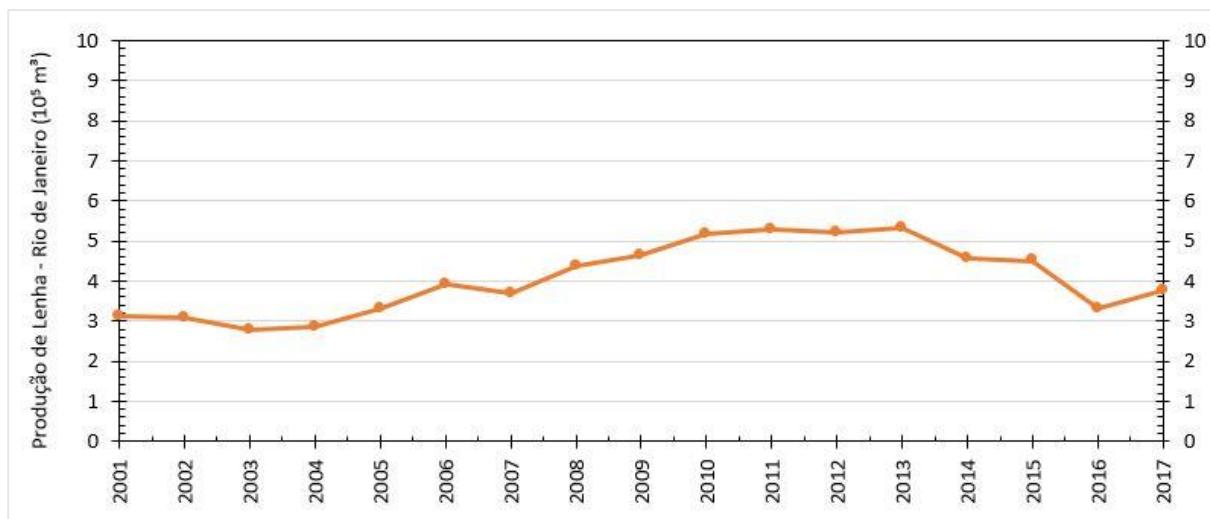
144. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada *** Marcar apenas uma oval.**

- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*

- Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação. Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^5 m³) no estado do RIO DE JANEIRO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



145. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um crescimento de 1,19% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de RIO DE JANEIRO? Use sinal negativo para decréscimo.

146. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada * *Marcar apenas uma oval.*

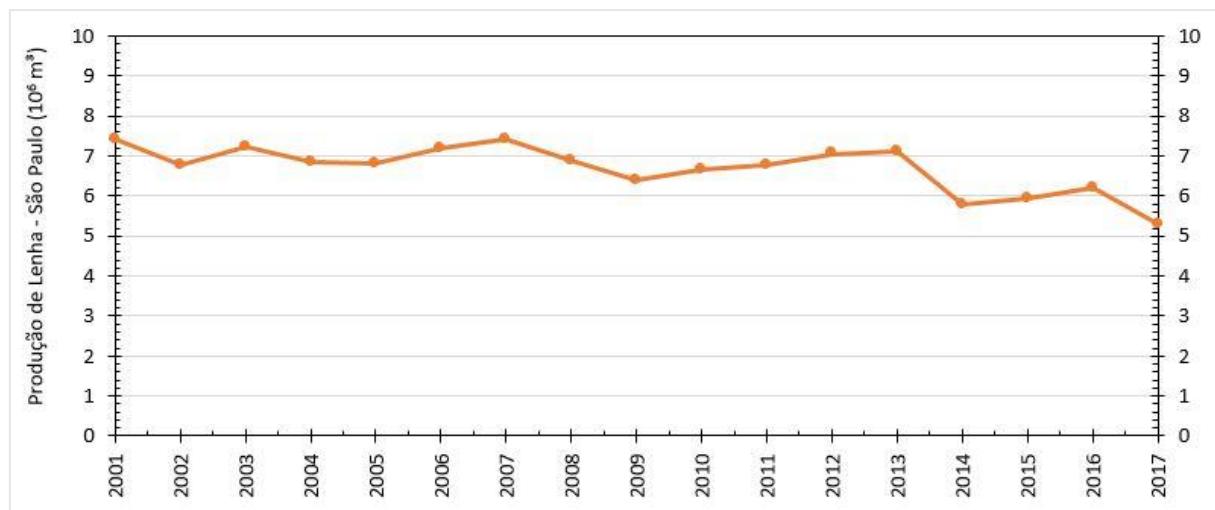
- Pesquisa *Ir para a pergunta 149.*
- Mercado *Ir para a pergunta 153.*
- Cogeração de energia *Ir para a pergunta 160.*
- Empresa do ramo florestal *Ir para a pergunta 164.*



Produção de papel e celulose [Ir para a pergunta 170.](#)

BLOCO 4 - PROSPECÇÃO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de indicar o potencial futuro do uso de biomassa florestal para finalidades energéticas considerando o seu ESTADO de atuação. Os principais Estados produtores de lenha de silvicultura, considerando a produção de 2017, foram: Paraná (24,94%), Rio Grande do Sul (24,61%), Santa Catarina (17,10%), Minas Gerais (14,25%) e São Paulo (9,90%). Observe a evolução histórica da produção de LENHA de silvicultura (em 10^6 m^3) no estado de SÃO PAULO (SIMIONI et al., 2018; atualizada via IBGE/PEVS, 2019).



147. Com base na série histórica, observa-se que nos anos de 2001-2017 houve um decréscimo de 2,10% ao ano. Indique, considerando sua expectativa, qual será a taxa de crescimento anual (%) para a produção de LENHA de silvicultura para os próximos anos (até 2030) no estado de SÃO PAULO? Use sinal negativo para decréscimo.

148. Ao responder esta pergunta o(a) senhor(a) será direcionado a uma outra seção com questões relativas à ÁREA de atuação. Sendo assim, em qual dos setores a seguir a sua área de atuação está interligada *** Marcar apenas uma oval.**



Pesquisa [Ir para a pergunta 149.](#)



Mercado [Ir para a pergunta 153.](#)



Cogeração de energia [Ir para a pergunta 160.](#)



Empresa do ramo florestal [Ir para a pergunta 164.](#)

Produção de papel e celulose *Ir para a pergunta 170.*

BLOCO 5 - PESQUISA

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de identificar as necessidades e os potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro, considerando o ESTADO do entrevistado.

149. De acordo com o seu conhecimento sobre os fatores que possivelmente impulsionariam o uso de BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS no Brasil. Indique o grau de importância para cada variável apontada nos próximos anos (até 2030), considerando a escala a seguir 1 (um) para a variável MENOS importante até 10 (dez) para a MAIS importante. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desenvolvimento de pesquisas	<input type="checkbox"/>									
Abertura de novos mercados	<input type="checkbox"/>									
Formulação e implementação de políticas públicas	<input type="checkbox"/>									
Investimentos públicos	<input type="checkbox"/>									
Investimentos privados	<input type="checkbox"/>									

150. Na sua opinião, qual é a maior DEMANDA DE PESQUISA que contribuiria para um maior uso da biomassa florestal para geração de energia no seu ESTADO? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

151. Na sua opinião, qual é a MAIOR DIFICULDADE encontrada por profissionais que atuam em estudos voltados a área de biomassa florestal para geração de energia no seu ESTADO? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

152. Há incentivo financeiro para o desenvolvimento de pesquisas do ramo de biomassa florestal para finalidades energéticas no seu ESTADO?

Pare de preencher este formulário.

BLOCO 5 - MERCADO

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de identificar as necessidades e os potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro, considerando o ESTADO do entrevistado.

153. De acordo com o seu conhecimento sobre os fatores que possivelmente impulsionariam o uso de BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS no Brasil. Indique o grau de importância para cada variável apontada nos próximos anos (até 2030), considerando a escala a seguir 1 (um) para a variável MENOS importante até 10 (dez) para a MAIS importante. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desenvolvimento de pesquisas	<input type="checkbox"/>									
Abertura de novos mercados	<input type="checkbox"/>									
Formulação e implementação de políticas públicas	<input type="checkbox"/>									
Investimentos públicos	<input type="checkbox"/>									
Investimentos privados	<input type="checkbox"/>									

154. Na sua opinião, o preço nominal do metro estéreo (mst – lenha) para o seu ESTADO no ano de 2030: *Marcar apenas uma oval.*

- Terá um aumento, superior à taxa de inflação (%) no período.
- Terá um aumento, na mesma taxa de inflação (%) no período.
- Terá um aumento, menor que a taxa de inflação (%) no período.
- Se manterá constante
- Sofrerá uma redução.

155. Na sua opinião, o preço nominal do metro de cavaco (mcav) para o seu ESTADO no ano de 2030: *Marcar apenas uma oval.*

- Terá um aumento, superior à taxa de inflação (%) no período.
- Terá um aumento, na mesma taxa de inflação (%) no período.
- Terá um aumento, menor que a taxa de inflação (%) no período.
- Se manterá constante
- Sofrerá uma redução.

156. O mercado brasileiro de exportações e importações de BIOMASSA FLORESTAL (lenha, cavaco, *pellet*, briquete) é considerado praticamente nulo. Expresse a sua opinião, para os próximos anos (até 2030) sobre as possibilidades de importação e exportação de biomassa florestal para geração de energia e sob qual forma de produto (lenha, cavaco, *pellet*, briquete).

157. O mercado brasileiro de exportações e importações de carvão vegetal também é considerado praticamente nulo. Na sua opinião, para o ano de 2030 a produção de CARVÃO VEGETAL para energia no Brasil será suficiente apenas para atender a demanda interna, necessitará importar ou haverá um estímulo para exportação?

158. Expresse sua opinião quanto as proporções e de que modo a atual situação econômica do Brasil afetará o potencial de produção e uso de BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS nos próximos anos (até 2030)?

159. Do ponto de vista MERCADOLÓGICO, na sua opinião, qual é a ação que o(a) senhor(a) sugere para ser adotada/implantada no Brasil que potencializaria a produção e o consumo de BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

Pare de preencher este formulário.

BLOCO 5 - COGERAÇÃO DE ENERGIA

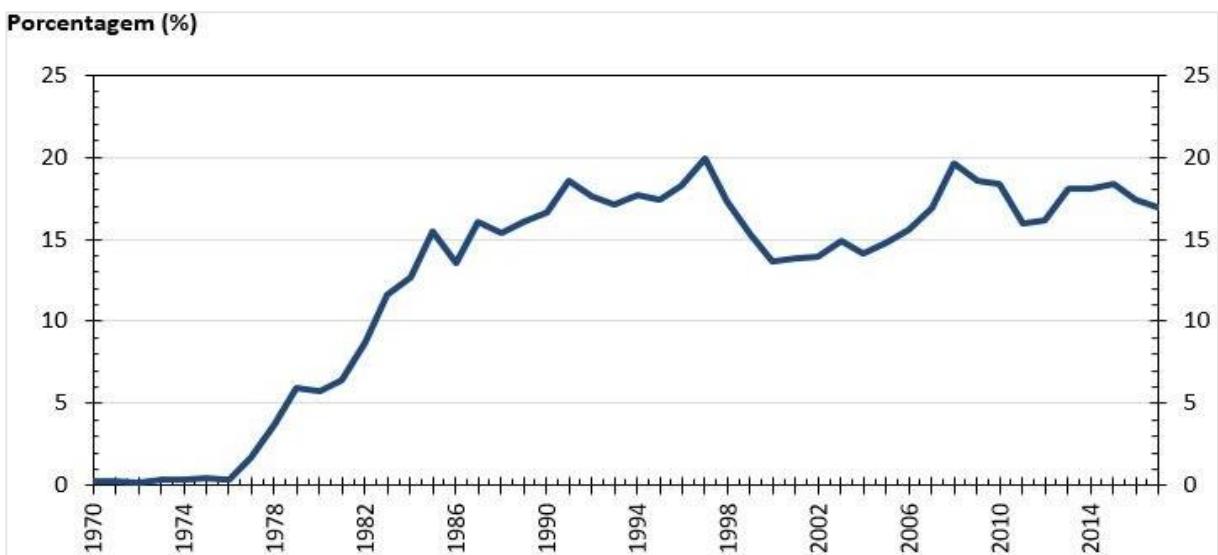
Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de identificar as necessidades e os potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro, considerando a REGIÃO do entrevistado.

160. De acordo com o seu conhecimento sobre os fatores que possivelmente impulsionariam o uso de BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS no Brasil, indique

o grau de importância para cada variável apontada nos próximos anos (até 2030), considerando a escala a seguir: 1 (um) para a variável MENOS importante até 10 (dez) para a MAIS importante. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desenvolvimento de pesquisas	<input type="checkbox"/>									
Abertura de novos mercados	<input type="checkbox"/>									
Formulação e implementação de políticas públicas	<input type="checkbox"/>									
Investimentos públicos	<input type="checkbox"/>									
Investimentos privados	<input type="checkbox"/>									

Observe a participação do setor energético no consumo de biomassa 1970-2017 (BEN, 2018). Segundo o relatório do Balanço Energético Nacional (BEN) com base no ano de 2017, o setor energético representou 16,94% da composição setorial do consumo final de BIOMASSA (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool).



161. Considerando o gráfico acima, expresse sua expectativa sobre o consumo de biomassa para este setor nos próximos anos (até 2030) na sua REGIÃO: *Marcar apenas uma oval.*

- Alta redução
- Baixa redução
- Se manterá constante
- Baixo crescimento
- Alto crescimento

162. Nos últimos dez anos (2007-2017) da evolução histórica (1970-2017) da participação do setor energético no consumo de BIOMASSA (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool), a taxa de crescimento foi de 0,02% ao ano. Indique, de acordo com a sua opinião, qual será a taxa de crescimento anual (%) para os próximos anos (até 2030). Use sinal negativo para decréscimo.

163. Considerando a cogeração de energia (elétrica e térmica) associados aos processos produtivos industriais, expresse sua opinião, no que tange a evolução desta modalidade nos próximos anos (até 2030) para a sua REGIÃO.

Pare de preencher este formulário.

BLOCO 5 – EMPRESA DO RAMO FLORESTAL

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de identificar as necessidades e os potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro, considerando a REGIÃO do entrevistado.

164. De acordo com o seu conhecimento sobre os fatores que possivelmente impulsionariam o uso de BIOMASSA FLORESTAL PARA FINALIDADES ENERGÉTICAS no Brasil, indique o grau de importância para cada variável apontada nos próximos anos (até 2030), considerando a escala a seguir: 1 (um) para a variável MENOS importante até 10 (dez) para a MAIS importante. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desenvolvimento de pesquisas	<input type="radio"/>									
Abertura de novos mercados	<input type="radio"/>									
Formulação e implementação de políticas públicas	<input type="radio"/>									
Investimentos públicos	<input type="radio"/>									
Investimentos privados	<input type="radio"/>									

165. Na sua opinião, qual a MAIOR NECESSIDADE do produtor de florestas energéticas no seu ESTADO (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

166. Na sua opinião, o seu ESTADO possui disponibilidade de mão de obra especializada em serviços de assistência técnica/consultoria para o ramo de biomassa florestal?

167. Qual é o segmento da sua empresa? *Marque todas que se aplicam.*

- Cavacos para a geração de energia
 - Cavacos para a produção de celulose
 - Energia (carvão)
 - Energia (lenha)
 - Florestamento e reflorestamento
 - Insumos e produtos químicos
 - Máquinas e equipamentos
 - Mudas florestais
 - Madeira tratada
 - Produção de chapas (MDP, MDP), compensados
 - Produção de madeira serrada e outros subprodutos
 - Outro: _____
-

168. Qual a MAIOR NECESSIDADE de tecnologias voltadas para o segmento da sua empresa no seu ESTADO? (De preferência, aponte apenas 1 sugestão).

169. A produção de BIOMASSA FLORESTASL pode ser realizada de várias formas, na sua opinião, qual modalidade apontará MAIOR crescimento nos próximos anos (até 2030)? *Marcar apenas uma oval.*

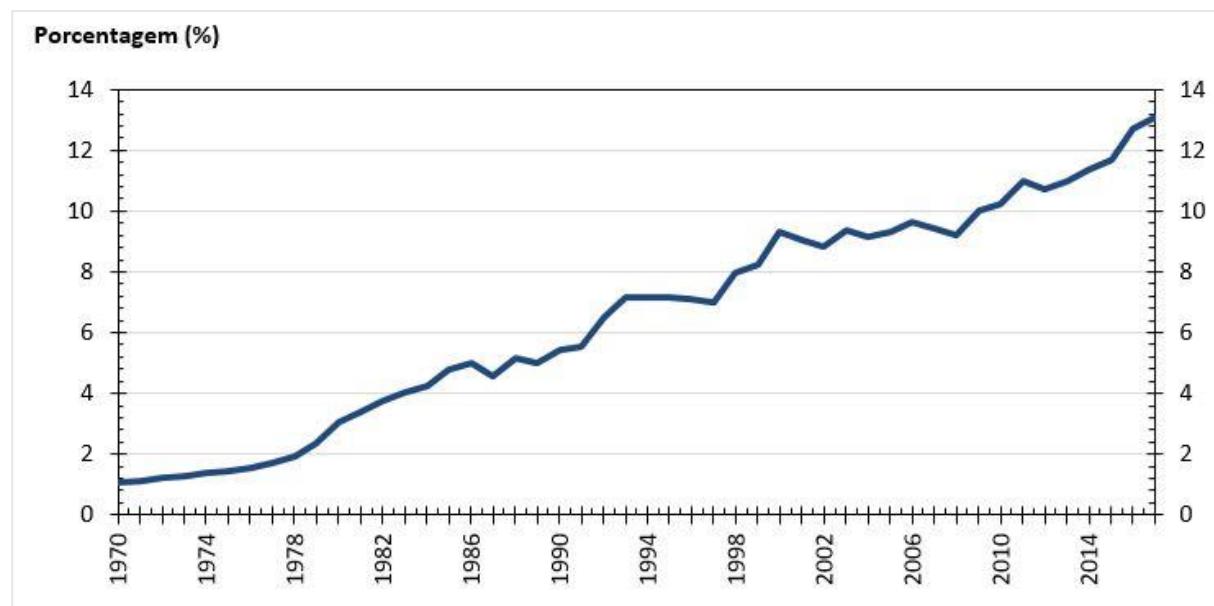
- Plantios florestais, exclusivamente para uso energético
 - Plantios florestais para uso múltiplo
 - Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)
 - Sistema de Integração Pecuária-Floresta (IPF)
 - Outro: _____
-

Pare de preencher este formulário.

BLOCO 5 - PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE

Nesta seção o entrevistado responderá questões com o objetivo de identificar as necessidades e os potenciais relacionados ao uso de biomassa florestal para finalidades energéticas no futuro, considerando o ESTADO do entrevistado.

Observe a evolução da participação da indústria de papel e celulose no consumo de biomassa 1970-2017 (BEN, 2018). Segundo o relatório do Balanço Energético Nacional (BEN) com base no ano de 2017, a indústria de papel e celulose representou 13,11% da composição setorial do consumo final de biomassa para energia (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool).



170. Nos últimos quarenta e sete anos (1970-2017), a taxa de crescimento da participação da indústria de papel e celulose no consumo de BIOMASSA (inclui bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e álcool), foi de 5,45% ao ano. Indique, de acordo com a sua opinião, qual será a taxa de crescimento anual (%) para os próximos anos (até 2030). Use sinal negativo para decréscimo.

171. O licor negro é um subproduto do processo de tratamento químico da indústria de papel e celulose, e a queima deste composto tem o intuito de gerar energia e recuperar as substâncias químicas. Considerando que no Brasil existem 18 usinas termoelétricas de licor negro (ANEEL,

2019), na sua opinião, como será o comportamento da utilização de licor negro para produção de energia nos próximos anos (até 2030)?
