CARTA-ACORDO ENTRE O PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD), A ASSOCIAÇÃO PLANTAS DO NORDESTE - APNE E O MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE PARA A EXECUÇÃO DO PROJETO BRA/14/G32 PIMS 3066 SERGIPE

Estudo de atualização da demanda e oferta de biomassas no semiárido brasileiro e cenários futuros

PRODUTO 4

Relatório Parcial das estimativas de ofertas atuais e potenciais de biomassa na região.

P4

Recife
Julho
2016

Sumário

Lista de Figuras 4
Lista de Tabelas 5
Siglas 7
1. Introdução 8
2. Metodologia resumida 10
3. Definições 12
4. Caracterização preliminar da disponibilidade atual e potencial dos distintos tipos de biomassa no Nordeste 14
4.1. Biomassa de caatinga 16
4.1.1. Disponibilidade 16
4.1.2. Propriedades físicas e térmicas 19
4.1.3. Usos 19
4.1.4. Histórico de oferta e perspectivas 20
4.2. Biomassa de Planos de Manejo Florestal de caatinga 22
4.3. Biomassa de reflorestamento 27
4.3.1. Disponibilidade 27
4.3.2. Propriedades físicas e térmicas. 29
4.3.3. Usos 30
4.3.4. Histórico de oferta e perspectivas 30
4.4. Biomassa de Algarobais Espontâneos 31
4.4.1. Disponibilidade 31
4.4.2. Propriedades físicas e térmicas 34
4.4.3. Usos 34
4.4.4. Histórico de oferta e perspectivas 34
4.5. Biomassa de Cajueiro 35
4.5.1. Disponibilidade 35
4.5.2. Propriedades físicas e térmicas 37
4.5.3. Usos 37
4.5.4. Histórico de oferta e perspectivas 37
4.6. Biomassa de Outras Frutíferas 39
4.6.1. Disponibilidade 39

4.6.2. Propriedades físicas e térmicas 40
4.6.3. Usos 41
4.6.4. Histórico de oferta e perspectivas 41
4.7. Biomassa de bagaço e pontas e folhas de cana-de-açúcar 43
4.7.1. Disponibilidade 43
4.7.2. Propriedades físicas e térmicas 45
4.7.3. Usos 46
4.7.4. Histórico de oferta e perspectivas 46
4.8. Biomassa de casca (bucha), pedúnculos e folhas de coqueiro 50
4.8.1. Disponibilidade 50
4.8.2. Propriedades físicas e térmicas 52
4.8.3. Usos 52
4.8.4. Histórico de oferta e perspectivas 53
4.9. Biomassa de bambu 55
4.9.1. Disponibilidade 55
4.9.2. Propriedades físicas e térmicas 55
4.9.3. Usos 55
5. Conclusões preliminares 56
Anexo I. Fontes de dados sobre cobertura de vegetação lenhosa e uso do solo. 59
Anexo II. Evolução do número, área e volume autorizado de PMFS por estado do Nordeste. 66

Lista de Figuras

Figura 1. Sustentabilidade e legalidade de uso de distintas fontes de biomassa.	15
Figura 2. Ocorrência de biomas na região Nordeste.	16
Figura 3. Mapa de cobertura do solo do Mapbiomas – ano 2015.	18
Figura 4. Distribuição geográfica de PMFS no Nordeste do Brasil.	23
Figura 5. Dinâmica do número de PMFS no Nordeste.	24
Figura 6. Dinâmica da área de PMFS no Nordeste.	24
Figura 7. Dinâmica do volume anual autorizado dos PMFS no Nordeste.	25
Figura 8. Áreas de reflorestamento com Eucalipto no Nordeste.	28
Figura 9. Evolução da área de plantio de eucalipto no NE.	30
Figura 10. Distribuição da ocorrência de algarobais espontâneos nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.	33
Figura 11. Áreas implantadas com cajueiro no Nordeste (2014).	36
Figura 12. Evolução da área de cajueiro no Nordeste entre 1994 e 2014.	38
Figura 13. Evolução da área de cajueiro nos estados do Nordeste entre 1994 e 2014.	38
Figura 14. Ocorrência de outras frutíferas no Nordeste (2014).	40
Figura 15. Dinâmica da área de “Outras frutíferas” entre 1994 e 2014.	41
Figura 16. Dinâmica da área de “Outras frutíferas” por estado do estudo entre 1994 e 2014.	42
Figura 17. Produção de cana-de-açúcar no Nordeste Brasileiro (2014).	45
Figura 18. Dinâmica da área colhida de cana-de-açúcar no Nordeste (ha/ano).	46
Figura 19. Dinâmica da colheita de cana-de-açúcar no Nordeste (t/ano).	47
Figura 20. Dinâmica da área colhida de cana-de-açúcar por estado (ha/ano).	47
Figura 21. Dinâmica da colheita de cana-de-açúcar por estado (t/ano).	48
Figura 22. Dinâmica da produtividade de cana-de-açúcar no Nordeste.	49
Figura 23. Produtividade de cana-de-açúcar (t/ha/ano) em 1994 e 2014, por estado.	49
Figura 24. Distribuição geográfica das áreas de cultivo de coqueiro (2014).	51
Figura 25. Evolução da área de coqueiro no Nordestes 1994-2014.	53
Figura 26. Evolução da área de coqueiro por estado 1994-2014.	53
Figura A1. Mapa de Uso do solo - SAP-INPE/CCST - ano 2010.	64

Lista de Tabelas

Tabela 1. Resultados de cobertura do solo de acordo com a iniciativa Mapbiomas (10^6 ha).	17
Tabela 2. Disponibilidade de biomassa da vegetação nativa no bioma Caatinga.	18
Tabela 3. Propriedades físicas e térmicas de biomassa de caatinga.	19
Tabela 4. Resumo das estimativas de remanescentes florestais no bioma Caatinga.	20
Tabela 5. Número de municípios com PMFS nos estados do Nordeste.	22
Tabela 6. Situação dos PMFS no Nordeste em 2015.	25
Tabela 7. Disponibilidade de biomassa da vegetação nativa em PMFS no bioma Caatinga.	26
Tabela 8. Área de plantio de eucalipto por estado no Nordeste.	28
Tabela 9. Disponibilidade de biomassa a partir do reflorestamento com eucalipto.	29
Tabela 10. Propriedades físicas e térmicas de biomassa de eucalipto.	29
Tabela 11. Disponibilidade de biomassa a partir de povoamentos espontâneos de algaroba.	31
Tabela 12. Municípios de PE, RN, PB, segundo sua área de algarobais espontâneos.	32
Tabela 13. Propriedades físicas e térmicas de biomassa de algaroba.	34
Tabela 14. Áreas de plantio de cajueiro nos estados do Nordeste.	35
Tabela 15. Disponibilidade de biomassa a partir de derrubada e poda de cajueiro.	36
Tabela 16. Propriedades físicas e térmicas da biomassa de cajueiro.	37
Tabela 17. Área (ha) com plantios de “Outras frutíferas” por estado (2014).	39
Tabela 18. Disponibilidade de biomassa a partir de poda e substituição de “outras frutíferas”.	40
Tabela 19. Propriedades físicas e térmicas da biomassa de “outras frutíferas”	41
Tabela 20. Área de cana-de-açúcar (2014).	44
Tabela 21. Disponibilidade de biomassa a partir de pontas e folhas de cana-de-açúcar (2014).	44
Tabela 22. Propriedades físicas e térmicas das folhas e pontas de cana-de-açúcar.	45
Tabela 23. Dinâmica do rendimento da cana-de-açúcar no Nordeste.	48
Tabela 24. Áreas de plantio de coqueiro nos estados contemplados (2014).	50
Tabela 25. Disponibilidade de biomassa a partir de resíduos de coqueiro (2014).	52
Tabela 26. Propriedades físicas e térmicas da biomassa de coco.	52
Tabela 27. Resumo das disponibilidades de biomassa na região Nordeste.	56
Tabela 28. Preços pagos pela biomassa energética, 2014.	58
Tabela A1. Áreas de cobertura vegetal original e remanescente em 1984 no NE.	59
Tabela A2. Áreas totais dos estados nordestinos e das coberturas remanescentes de vegetação nativa.	59
Tabela A3. Uso e cobertura do solo no estado de Pernambuco (Projeto PNUD/FAO).	60
Tabela A4. Uso e cobertura do solo no estado do Rio Grande do Norte (Projeto PNUD/FAO).	60
Tabela A5. Uso e cobertura do solo no estado da Paraíba (Projeto PNUD/FAO).	60
Tabela A6. Uso e cobertura do solo no estado do Ceará (Projeto PNUD/FAO).	61

Tabela A7. Coberturas de vegetação nativa na Paraíba – 2001.	61
Tabela A8. Uso e cobertura do solo em Sergipe – 2011.	62
Tabela A9. Área por classe mapeada no bioma Caatinga.	63
Tabela A10. Estimativas de áreas de florestas do SFB/MMA.	63
Tabela A11. Áreas remanescentes de acordo com MMA/IBAMA/CSR.	64
Tabela A12. Resultados de cobertura do solo de acordo com a SAP-INPE CCST (2010).	65

Siglas

ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ABPH	Volume cilíndrico na altura do peito
APNE	Associação Plantas do Nordeste
ASD	Áreas Susceptíveis à Desertificação
BEN	Balanço Energético Nacional
CCST	Centro de Ciências do Sistema Terrestre
CSR	Centro de Sensoriamento Remoto
DEN	Departamento de Energia Nuclear (UFPE)
DT	Degradação da Terra
EELA	Eficiência Energética na Indústria de Cerâmica Vermelha da América Latina
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização para a Agricultura e a Alimentação das Nações Unidas)
FRA	Forest Resources Assessment
FUNBIO	Fundo para a Biodiversidade
GEE	Gases de Efeito Estufa
ha	Hectare
IBA	Instituto Brasileiro de Árvores
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
iNDC	Intended Nationally Determined Contributions - Contribuições Pretendidas e Determinadas Nacionalmente
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
kcal	Quilocaloria
MapBiomas	Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso Do Solo no Brasil
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTE/SIES	Ministério do Trabalho e do Emprego - Sistema de Informação em Economia Solidária
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
SAB	Semiárido Brasileiro
SAP	Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SiCAR	Sistema do Cadastro Ambiental Rural
SLM	Sustainable Land Management - Manejo Sustentável da Terra
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TFCA	Tropical Forest Conservation Act
tMS	Tonelada de matéria seca
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

1. Introdução

No quadro do Projeto BRA/14/G32 PIMS 3066 SERGIPE, a APNE ficou responsável pelo estudo de atualização de demanda e oferta de biomassas no semiárido brasileiro e cenários futuros.

O objetivo principal desse estudo consiste em obter um panorama atualizado da demanda e oferta das biomassas na matriz energética da região Nordeste, devida à sua importância socioeconômica e de seu potencial de fornecimento de energéticos carbono-neutrais.

A partir desse conhecimento, o Projeto poderá fornecer os subsídios necessários para o delineamento e a implementação de políticas adequadas de valoração e promoção das energias renováveis no semiárido do Nordeste brasileiro e especificamente nas ASD.

O presente relatório é o segundo produto (Produto 4) da Carta de Acordo da APNE, apresentando o Relatório Parcial das estimativas de ofertas atuais e potenciais de biomassa na região Nordeste.

Após a reunião do Projeto na SUDENE em 01.06.2016 e discussões internas da equipe técnica sobre as metodologias a seguir e pontos principais do estudo, chegou-se às seguintes conclusões e encaminhamentos principais:

- o padrão de consumo e a demanda de biomassa no setor domiciliar, nos seus diferentes estratos (rural, urbano pequeno e urbano grande) encontram-se em uma nova realidade. Devido à sua importância histórica (vide levantamentos do projeto PNUD/FAO que estimaram que o consumo domiciliar representava em torno da metade do consumo total de biomassa florestal na região), uma atualização do consumo específico desses setores é fundamental e demandará um esforço de trabalho de campo significativo;

- o consumo de biomassas no setor industrial é concentrado em seis sub-ramos : ***cerâmica vermelha, açúcar e álcool, celulose e papel, óleos vegetais, padaria, gesso;*** além das exportações de biomassa para fora da região (madeira para celulose de BA para ES, carvão para siderurgia que sai para MA e MG). Nos últimos 20 anos, este conjunto foi o mais dinâmico em tecnologia, teve as maiores taxas de crescimento da produção e diversificou suas fontes de energia. Novamente, haverá necessidade de um esforço especial para levantar para cada sub-ramo: 1) o número de estabelecimentos por classe, 2) o nível de atividade (produção) por classe, 3) os tipos de biomassa consumida e 4) os consumos específicos.

- a atualização da OFERTA incluirá tradicionais fontes de biomassa - “velhas” - (caatinga manejada e não manejada) e “novas” fontes de biomassa (cana de açúcar, eucalipto, algaroba, cajú, coco) que não eram importantes nos diagnósticos anteriores, junto a fontes “potenciais” que ainda não estão sendo utilizadas.

Em função dessas necessidades e disponibilidade de informações secundários e de levantamentos anteriores, APNE enviou, em 07 de junho de 2016, um detalhamento das estratégias, metodologias e necessidades de trabalhos de campo a seguir no estudo, justificando a necessidade de mudança de ordem de entrega dos produtos para que se obtenha os melhores resultados possíveis nos cenários atuais e potenciais de balanço das biomassas na região:

Data	**Cronograma de entrega original**	**Novo Cronograma de entrega**
21/04/2016	P 1. Plano de trabalho (já entregue e aprovado)	P 1. Plano de trabalho (já entregue e aprovado)
21/07/2016	P 2: Relatório **parcial** da estimativa das **demandas** de biomassa dos principais setores	P 4. Relatório **parcial** das estimativas de **ofertas atuais e potenciais** de biomassa na região
21/09/2016	P 3. Relatório final da estimativa das demandas de biomassa dos principais setores e de outros produtos madeireiros de importância regional	P 2: Relatório **parcial** da estimativa das **demandas** de biomassa dos principais setores
21/10/2016	P 4. Relatório **parcial** das estimativas de **ofertas atuais e potenciais** de biomassa na região	P 5: Relatório **final** das estimativas de **ofertas atuais e potenciais** de biomassa
21/11/2016	P 5: Relatório **final** das estimativas de **ofertas atuais e potenciais** de biomassa	P 3. Relatório **final** da estimativa das **demandas** de biomassa dos principais setores e de outros produtos madeireiros de importância regional
21/02/2017	P 6: Relatório parcial de cenários prováveis e desejáveis das dinâmicas de uso do solo, estoques de carbono e fluxos físicos e económicos de biomassa	P 6: Relatório parcial de cenários prováveis e desejáveis das dinâmicas de uso do solo, estoques de carbono e fluxos físicos e económicos de biomassa
21/03/2017	P 7: Relatório **final de cenários** prováveis e desejáveis das dinâmicas de uso do solo, estoques de carbono e fluxos físicos e económicos de biomassa	P 7: Relatório **final de cenários** prováveis e desejáveis das dinâmicas de uso do solo, estoques de carbono e fluxos físicos e económicos de biomassa

A partir desse momento, se adotará então o novo cronograma de execução da Carta de Acordo.

2. Metodologia resumida

A metodologia adotada para o levantamento das informações referentes à oferta de biomassas na região seguiu três etapas conforme especificadas no plano metodológico:

1. *Identificação e caracterização dos principais tipos de biomassa energética e suas fontes.*

A atualização da OFERTA; inclui as tradicionais fontes de biomassa:

- Caatinga manejada
- Caatinga não manejada

e "novas" fontes de biomassa (incluem aquelas que não eram importantes ou potenciais nos diagnósticos anteriores):

- Cana-de-açúcar
- Reflorestamentos (eucalipto e outras)
- Algaroba
- Caju
- Coco
- Outras frutíferas

Além dessas "novas" fontes de biomassa, que no cenário atual, já vêm sendo utilizadas em maior ou menor escala, serão avaliadas outras duas fontes potenciais:

- Resíduos de carnaúba
- Resíduos de babaçu

A caracterização das biomassas incluirá os seguintes aspectos:

- Peso específico (g/cm3)
- Poder calorífico (kcal/g)
- Fator de empilhamento
- Umidade inicial (%)
- Umidade final (%)
- Teor de cinzas (%)
- Dimensões (comprimento – largura – espessura) (cm)

2. *Levantamento da oferta de biomassa por tipo e por estado a partir de dados secundários e excepcionalmente com levantamentos de campo.*

Para cada fonte é estimada a área coberta, o estoque de biomassa, a acessibilidade, a produtividade, o nível de colheita sustentável, a cadeia de produção (existente ou necessária) e as tecnologias de uso e produção. As variáveis são:

- Área (ha)
- Estoque (tMS/ha)
- Produtividade (tMS/ha/ano)
- Produtos (energéticos e não-energéticos)
- Fator de colheita (%)*
- Fator de acesso (%)*
- Fator de uso energético (%)*
- Disponibilidade efetiva (tMS/ha)

(* serão definidos no Item 3 deste relatório)

As principais fontes de informação acessadas até o momento foram:

- Bancos de dados do IBGE
- Bancos de dados da APNE (Planos de manejo, base de dados de algarobais, e outros)
- Estudos anteriores do Projeto EELA/INT
- Bases de dados existentes de áreas de reflorestamento (ABRAF, IBA)
- Outras fontes diversas sobre biomassas específicas.

As fontes utilizadas para cada biomassa são referenciadas para cada caso.

Na próxima etapa e para alguns tipos específicos de biomassa energética de importância significativa, e principalmente na falta de informação secundária, levantamentos adicionais serão realizados para permitir estimativas confiáveis de oferta (ex. cana-de-açúcar, resíduos de coqueiros, cajueiros e outras frutíferas, carnaúba, babaçu e bambu). Uma fonte potencial de informações adicionais é o SiCAR. O acesso a essas informações já foi solicitado através da coordenação do Projeto.

3. Levantamento do histórico e das perspectivas da oferta de biomassa por setor.

A estimativa da oferta será dividida em “Oferta atual” e “Oferta potencial” visando facilitar a construção da linha de base -com as ofertas atuais- e construir cenários prospectivos para 2020, 2025, 2030 -com diversos níveis de uso das várias fontes, em datas compatíveis com os horizontes da iNDC.

Levantamentos e estimativas anteriores de oferta de biomassas na região (Projetos PNUD/FAO, outros) tanto em termos de tipos de biomassa como em termos de quantidades, também estão sendo considerados. Essas estimativas poderão contribuir na estimativa das ofertas potenciais e no desenho dos cenários futuros.

Para os efeitos desse estudo, a região geográfica considerada e referida daqui em diante como "o Nordeste" consiste dos estados de Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe.

3. Definições

Para melhor compreensão das estimativas de oferta, é importante explicitar os termos e conceitos adotados no trabalho. Sendo este relatório parte de um trabalho maior que incluirá a demanda, optou-se por incluir neste item os termos referentes não só à oferta (de a. até f.) como também à demanda/consumo (g. a i.)

a. **Disponibilidade de biomassa** (Potencial técnico): a quantidade de biomassa existente, aproveitável e tecnicamente acessível para colheita.

b. **Oferta de biomassa**: a parte da disponibilidade que é ofertada no mercado ou é de livre acesso para os usuários.

c. **Oferta de biomassa energética**: a parte da disponibilidade de biomassa que entra no mercado energético, ou é apropriada pelos usuários para fins energéticos.

d. **Fator de acessibilidade (FA):** a razão (fração) das áreas acessíveis para manejo, coleta ou colheita em relação a área total de uma fonte de biomassa.

e. **Fator de uso energético (FUE):** a razão (fração) da biomassa derivada para uso energético.

f. **Fator de colheita (FC):** a razão entre a biomassa efetivamente colhida e a existente na fonte (descontando as perdas ocorridas durante a colheita).

g. **Demanda de biomassa:** a quantidade de biomassa necessária ou procurada. Pode ser atual ou potencial.

h. **Oferta x Demanda:** Oferta legalizada é igual à demanda legalizada e constam nas estatísticas oficiais.

i. **Consumo –** Quantidade gasta em um processo para obter um produto ou serviço**.**

Para fins comparativos, seguem as principais unidades de medida e equivalências adotadas e/ou a considerar.

TIPO de BIOMASSA	Unidades tradicionais	Volume empilhado	Peso verde da unidade tradicional	Peso Seco da unidade tradicional	Poder Calorifico Superior
Lenha	Estéreo ou metro estéreo	1m *1m *1m = 1 m^3 aparente	Caatinga: 320 kg Cajú: 400 kg Algaroba: 420 kg Eucalipto: 600 kg	Caatinga: 230 kg Cajú: 260 kg Algaroba: 270 kg Eucalipto: 240 kg	4,6 Kcal/g
Casca de coco	Carga de caminhão (truque)	30 m^3	4600 kg	3500 kg	4,5 Kcal/g
Serragem	Carga de caminhão (truque)	30 m^3	5400 kg	4320 kg	4,6 Kcal/g
Palha de cana	Paca ou fardo prismático	2,6 m^3	450 kg	400 kg	4,5 Kcal/g

4. Caracterização preliminar da disponibilidade atual e potencial dos distintos tipos de biomassa no Nordeste

Conforme explicitado na metodologia, foram consideradas tanto fontes de biomassa tradicionais, fontes mais recentes e fontes potenciais:

Tipo de fonte	Fonte	Definição básica
Tradicional	Caatinga	Biomassa lenhosa ofertada pela vegetação nativa do bioma caatinga, seja legalizada ou não
	PMFS de caatinga	Biomassa lenhosa ofertada por Planos de Manejo Florestal Sustentado da caatinga
	Reflorestamento	Biomassa lenhosa de reflorestamentos com espécies nativas e exóticas
Nova	Algarobais espontâneos	Biomassa lenhosa dos algarobais espontâneos
	Cajueiro	Biomassa lenhosa de plantios de cajueiro
	Outras frutíferas	Biomassa lenhosa de de outras frutíferas
	Cana-de-açúcar	Biomassa herbácea da cultura da cana-de-açúcar
	Coqueiro	Biomassa dos frutos e folhas de coqueiro
	Bambu	Biomassa de povoamentos de bambu, plantados ou de dispersão natural
Potencial	Carnaúba	Biomassa folhosa de povoamentos de carnaúba
	Babaçu	Biomassa de frutos de povoamentos de babaçu

A APNE construiu um banco de dados único, contendo a informação de disponibilidade para cada fonte de biomassa por município, estado e bioma. Essa base foi construída tendo como referência o ano de 2015, podendo ser atualizada no futuro de forma fácil e rápida a partir da disponibilidade de novas informações.

A sustentabilidade de uso da biomassa é muitas vezes confundida com a legalidade de uso. Porém, a legalidade é um atributo não permanente que depende de um contexto normativo dinâmico, enquanto que a sustentabilidade é uma propriedade permanente. A Figura 1 abaixo, oferece exemplos das duas classes.

Figura 1. Sustentabilidade e legalidade de uso de distintas fontes de biomassa.

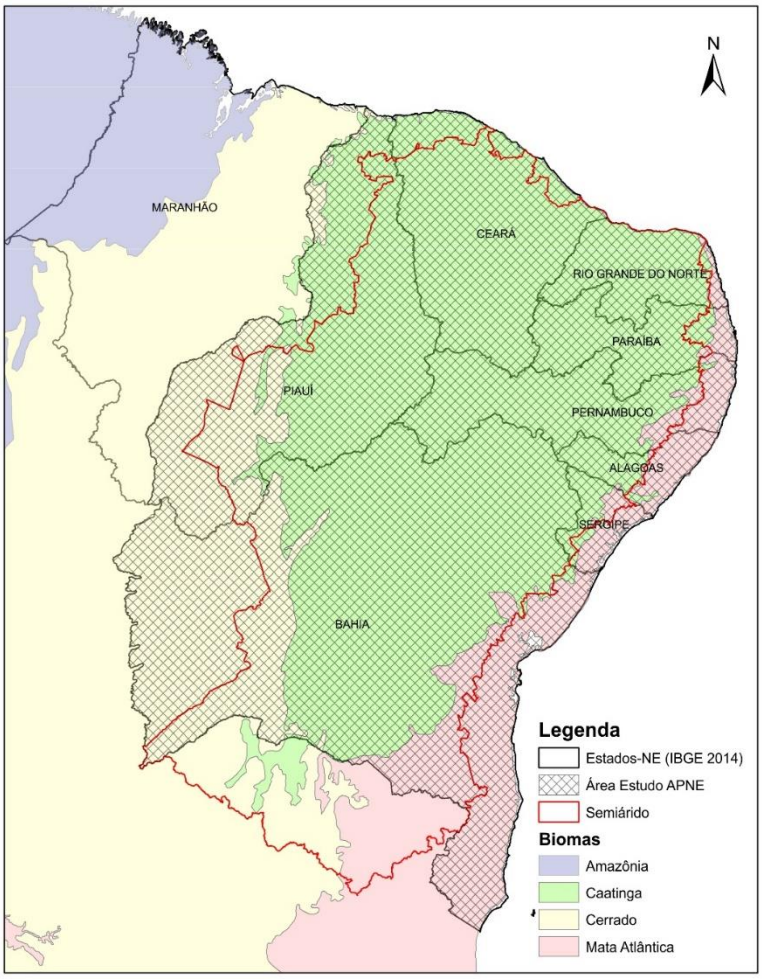
	Legais	Ilegais
Sustentáveis	• lenha de PMFS • lenha de eucalipto • lenha de algaroba obtida fora das APPs • resíduos de biomassa • podas de frutíferas, se as árvores seguem vivas	• lenha nativa de cortes não autorizados, com pousio suficiente e sem mudança de uso do solo • lenha obtida em áreas de Reserva Legal • lenha de algaroba obtida dentro de APPs
Não Sustentáveis	• lenha de derrubada de árvores frutíferas caso não replantadas • lenha de caju gigante substituído por caju anão	• lenha de desmatamentos (com mudança de uso do solo)

4.1. Biomassa de caatinga

4.1.1. Disponibilidade

Para os efeitos do estudo de oferta de biomassas no Nordeste, especificamente para o semiárido, consideramos que apenas o bioma Caatinga e Cerrado são fornecedores atuais e potenciais uma vez que as restrições legais praticamente excluem a produção de biomassa na Mata Atlântica. A Figura 2 apresenta a distribuição geográfica dos biomas na região.

Figura 2. Ocorrência de biomas na região Nordeste.



No Nordeste, apenas os estados do Piauí e Bahia apresentam ocorrência do Cerrado. Desta forma, o foco principal do estudo será voltado para os recursos vegetais do bioma Caatinga.

O estado da cobertura florestal ou áreas de remanescentes da vegetação nativa no bioma Caatinga tem sido alvo de diferentes estudos e se mantém até hoje um ponto de discussão. Atualmente, a única fonte de dados de cobertura florestal do bioma como um todo e com dados espacializados é a iniciativa Mapbiomas (http://www.mapbiomas.org). Essa fonte apresenta dados de cobertura para os anos de 2008 a 2015 (Tabela 1 e Figura 3).

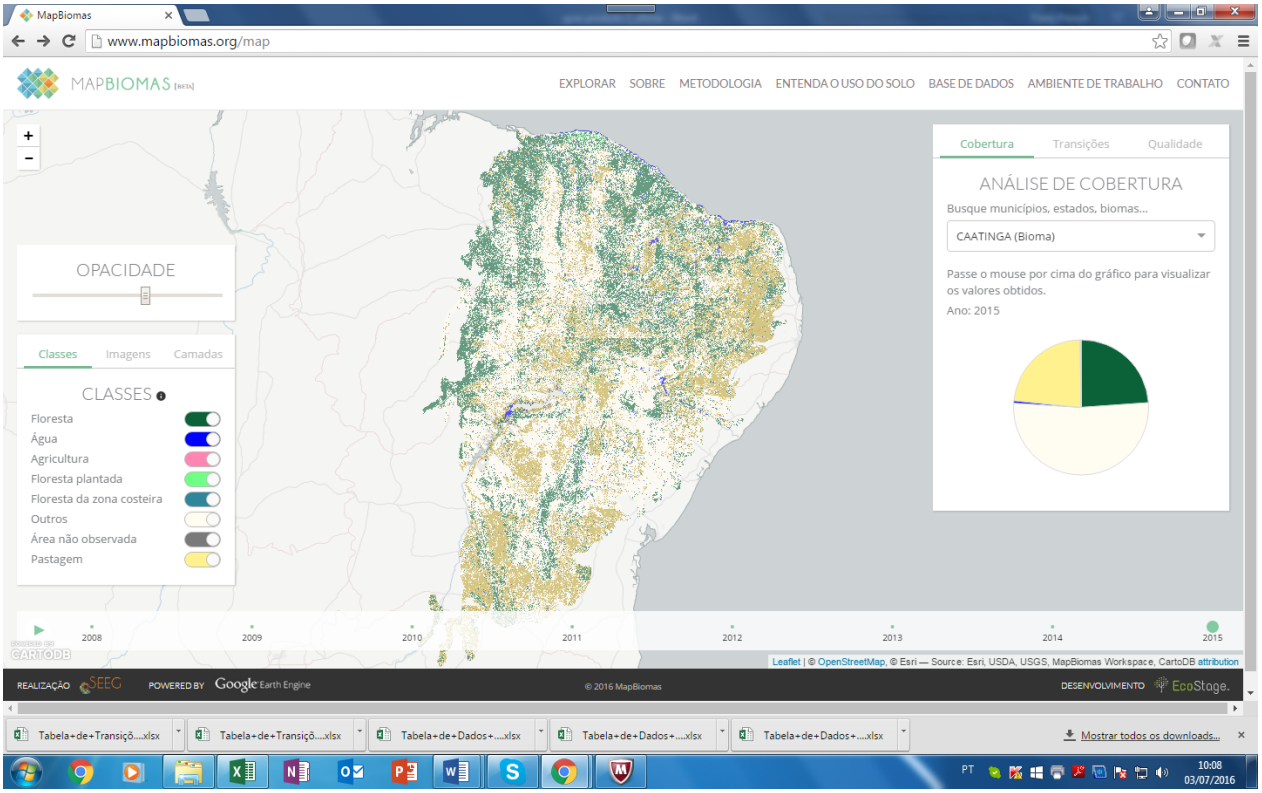
É importante ressaltar que os resultados obtidos até o momento não consideram **TODA** a cobertura florestal, uma vez que a classe "floresta" representa as tipologias vegetais do IBGE de Td (Savana-estépica florestada) e uma parte de Ta (Savana-estépica arborizada). Uma dificuldade adicional especificamente para o bioma Caatinga, reside no fato que o período de 2012 a 2015 foi um período de seca excepcional, dificultando sobremaneira a interpretação automatizada (o que explica os baixos valores de "floresta" nesse período).

Observa-se na Tabela 1 que uma parte muito significativa do território é classificada como "outros".

Tabela 1. Resultados de cobertura do solo de acordo com a iniciativa Mapbiomas (10^6 ha).

Classe ANO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CAATINGA	**83,0**	**83,0**	**83,0**	**83,0**	**83,0**	**83,0**	**83,0**	**83,0**
Agricultura	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0
Pastagem	15,3	12,6	10,0	12,7	13,5	12,5	13,0	19,2
Água	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9	0,8	0,5	0,5
Área não observada	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Floresta	**26,3**	**26,9**	**26,9**	**24,8**	**18,5**	**20,6**	**19,8**	**19,8**
% da área total	**32%**	**32%**	**33%**	**30%**	**22%**	**25%**	**24%**	**24%**
Floresta da zona costeira	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Floresta plantada	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
Outros	**39,9**	**42,1**	**44,9**	**44,5**	**49,8**	**48,9**	**49,5**	**43,3**
% da área total	**48%**	**51%**	**54%**	**54%**	**60%**	**59%**	**60%**	**52%**

Figura 3. Mapa de cobertura do solo do Mapbiomas – ano 2015



A partir dos resultados de cobertura florestal do Mapbiomas, pode-se estimar a disponibilidade de biomassa no bioma Caatinga (Tabela 2). Essa estimativa ainda é preliminar e será refinada a partir da consideração do zoneamento da Caatinga em classes de produtividade (Pareyn et al, 2015) e aplicando diferentes fatores de disponibilidade para cada zona (FA, FC e FUE).

Tabela 2. Disponibilidade de biomassa da vegetação nativa no bioma Caatinga.

Área	Estoque	Produtividade	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponibilidade total	Disponibilidade para energia
(10^6 ha)	(tMS/ha)	tMS/ha.a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
19,839	30	2,5	0,75	0,75	0,8	27,9	22,3

A partir dessa estimativa, a cobertura florestal existente no bioma Caatinga, em 2015, poderia fornecer as seguintes quantidades de biomassa:

- biomassa para fins energéticos = 22,3 10^6 tMS/ano
- biomassa para fins não-energéticos = 5,6 10^6 tMS/ano

4.1.2. Propriedades físicas e térmicas

A tabela 3 apresenta as principais características físicas e térmicas da biomassa de madeira de caatinga.

Tabela 3. Propriedades físicas e térmicas de biomassa de caatinga.

Peso específico verde	Peso específico seco	Poder calorífico	Fator de empilhamento	Umidade Inicial	Umidade final	Cinzas	Dimensões (cm)	
g/cm^3	g/cm^3	Kcal/g	st/m^3	%	%	%	min	max
0,95	0,65	4,6	3,32	32	15 a 20	1 a 3	2x2x100	20x20x200

4.1.3. Usos

Os principais usos atuais da biomassa oriunda da vegetação nativa da caatinga são:

1. biomassa para energia:
   - Lenha
   - Carvão vegetal

2. biomassa para uso não-energético:
   - Varas
   - Estacas
   - Mourões
   - Escoras para construção
   - Toras/madeira para serraria
   - Cascas para curtimento de couro

Algumas biomassas utilizadas décadas atrás, praticamente já não são mais utilizadas, como a madeira da carnaúba para construção de tetos (linhas, ripas e caibros).

É importante lembrar que a caatinga continua sendo ampla e intensamente utilizada como suporte forrageiro para os rebanhos bovinos, ovinos e caprinos. Ainda que esse uso não signifique uma retirada direta de biomassa "madeireira", ele tem impacto nas taxas de crescimento da vegetação e consequentemente na disponibilidade de biomassa. Como esse uso é generalizado, esse impacto está indiretamente considerado nas taxas de crescimento adotadas na Tabela 2.

4.1.4. Histórico de oferta e perspectivas

Um componente principal no cálculo da oferta sustentável de biomassa originada na vegetação nativa é a estimativa da área coberta por essa vegetação, que pode diminuir ou aumentar ao longo do tempo, dependendo das mudanças no uso do solo, do abandono de lavouras e pastagens, e outros fatores. Outro componente principal no cálculo da oferta é a estimativa da produtividade (ou crescimento) da vegetação. Tanto os estoques quanto a produtividade variam localmente, em função das condições ambientais e da historia de uso do recurso.

As fontes que tratam sobre estoques e produtividade no bioma são a Rede de Manejo Florestal da Caatinga e a própria APNE. As fontes secundárias que apresentam dados de cobertura e uso do solo no bioma Caatinga são:

- Radambrasil – 1984, atualizado em 1990
- PNUD/FAO – 1988 – 1994 (estados de CE, RN, PB, PE)
- SUDEMA PB (2004)
- Fundação Araripe -SE (2011)
- UFPE/DEN - PE (2015)
- PROBIO
- SFB-MMA, 2008 e 2011
- MMA/IBAMA/CSR - MONITORAMENTO DOS BIOMAS BRASILEIROS (2008, 2012)
- MAPBIOMAS, 2008 a 2015
- SAP-INPE

A Tabela 4 apresenta uma visão geral de todas as informações disponíveis sobre cobertura de vegetação nativa lenhosa na região Nordeste, com foco no Bioma Caatinga. Estas estimativas poderão ser complementadas acrescentando os dados do bioma Cerrado dos estados de Bahia e Piauí.

Tabela 4. Resumo das estimativas de cobertura florestal no bioma Caatinga.

FONTE	1984	1990	2001	2002	2003	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Radambrasil 1984	68%												
Radambrasil 1990		47%											
PNUD/FAO (média)		45%											
PROBIO				63%									
MMA/SFB						56%				49%			
MMA/IBAMA/CSR				56%		54%	53%						
Paraíba *(PNUD e SUDEMA)*		29%	38%										
Sergipe									13%				
MAPBIOMAS						32%	32%	33%	30%	22%	25%	24%	24%

Tirando os casos específicos de PB e SE, observa-se bastante discrepância entre as estimativas de cobertura florestal para o bioma Caatinga, devido a várias causas: a) os produtos de sensores remotos

utilizados nas sucessivas estimativas quase nunca foram os mesmos; b) a resolução espacial e espectral dos distintos sensores e produtos foi bastante diferente; c) as escalas de trabalho foram diferentes; d) transcorreu bastante tempo entre os estudos iniciais e os seguintes, e) a definição e caracterização dos tipos de cobertura florestal não foi sempre a mesma.

É inevitável que exista uma grande incerteza na serie histórica de dados sobre cobertura de vegetação do Nordeste porque, de fato, não se estava medindo o mesmo objeto com a mesma precisão nem com a mesma metodologia e tecnologia. Daí que, ainda que esses dados podem ser ordenados numa sequencia temporal, eles não fazem parte de uma serie de medições repetidas e não são comparáveis entre sim.

A fonte mais recente de dados seriados de cobertura é o MAPBIOMAS. Seus resultados diferem muito das outras fontes, principalmente devido às classes contempladas. Contudo, esta fonte de dados se presta mais para subsidiar as estimativas de oferta, já que o maior (e provavelmente o único) potencial de produção sustentável de biomassa nativa na caatinga está localizado nas classes que MapBiomas define como “florestas”.

Dados mais detalhados das estimativas de cobertura florestal de diversas fontes são apresentados no **Anexo I**.

4.2. Biomassa de Planos de Manejo Florestal de caatinga

A exploração dos recursos florestais da caatinga através da implementação de Planos de Manejo Florestal Sustentado (PMFS) é atualmente a única forma legalizada de obtenção de produtos florestais em escala comercial.

Os primeiros Planos de manejo surgiram no ano de 1988 e desde então o seu número tem crescido. A APNE construiu o primeiro banco de dados de PMFS em 2007 e vem atualizando o banco com apoios diversos: 2012 (apoio do FUNBIO/TFCA) e 2015 (apoio do INT/Projeto EELA).

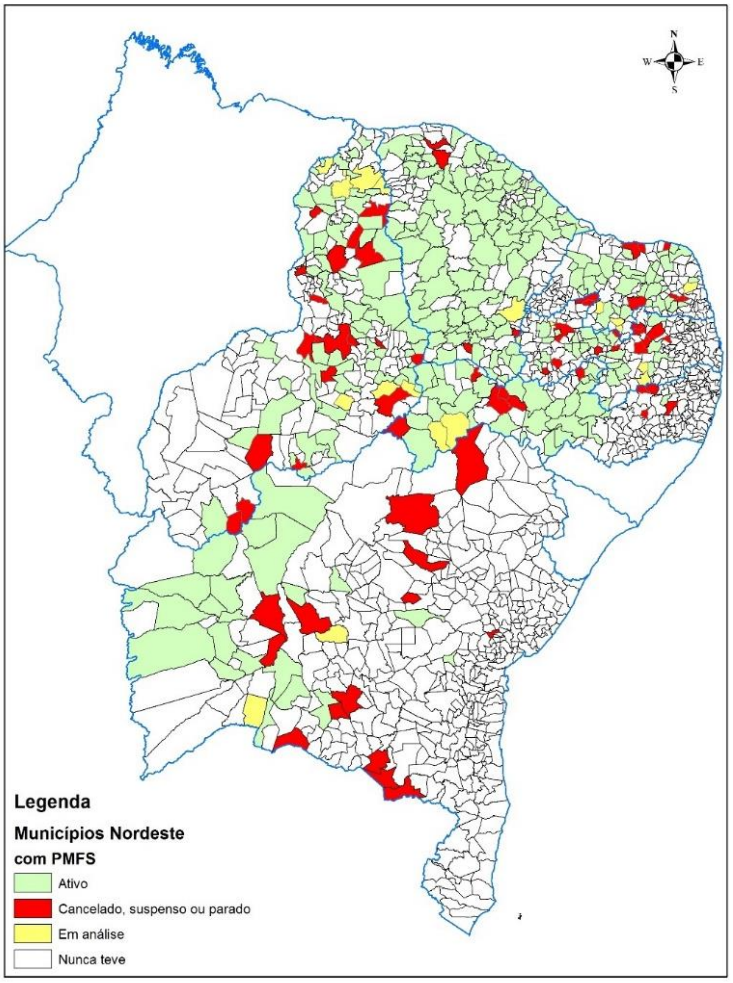
Dinâmica da distribuição geográfica

A Tabela 5 apresenta o número de municípios por estado com ocorrência de PMFS. Até 2015 não há ocorrência de PMFS nos estados de Sergipe e Alagoas. A Figura 4 apresenta essa distribuição geográfica em forma de mapa.

Tabela 5. Número de municípios com PMFS nos estados do Nordeste.

UF	Nº municípios com PMFS ativos	Nº municípios com PMFS em análise	Nº municípios com eliminação de PMFS	Total de municípios
PI	56	12	18	81
CE	89	04	04	93
RN	33	04	06	43
PB	26	06	14	44
PE	28	07	11	40
BA	22	13	14	39
Total	**254**	**46**	**67**	**340**

Figura 4. Distribuição geográfica de PMFS no Nordeste do Brasil.



Dinâmica do número, área e volume autorizado de PMFS

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam a dinâmica do número, da área e do volume autorizado de PMFS, respectivamente para o conjunto dos estados. Se apresentam os dados para o total de PMFS protocolados e para os PMFS ativos/autorizados.

As figuras detalhadas para cada estado (PI, CE, RN, PB, PE e BA) são apresentadas no **Anexo II**.

Figura 5. Dinâmica do número de PMFS no Nordeste.

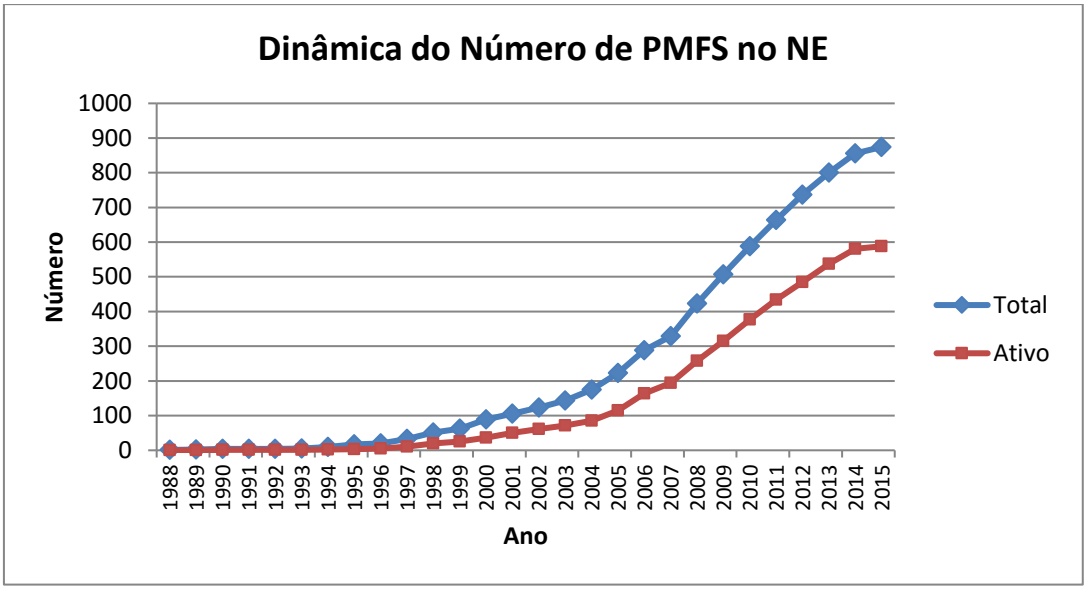


Figura 6. Dinâmica da área de PMFS no Nordeste.

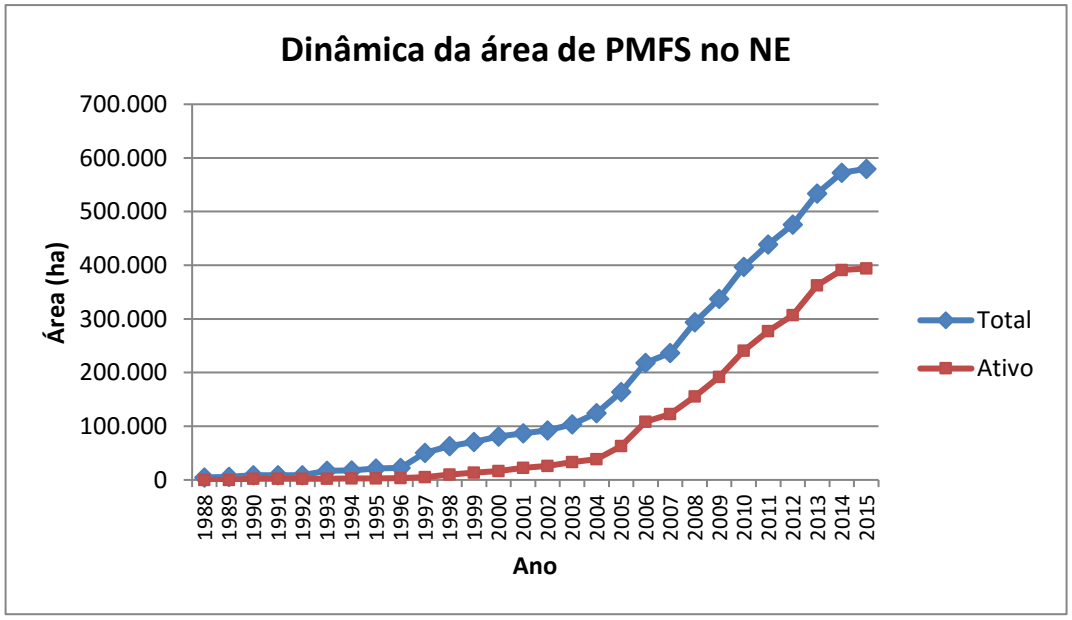
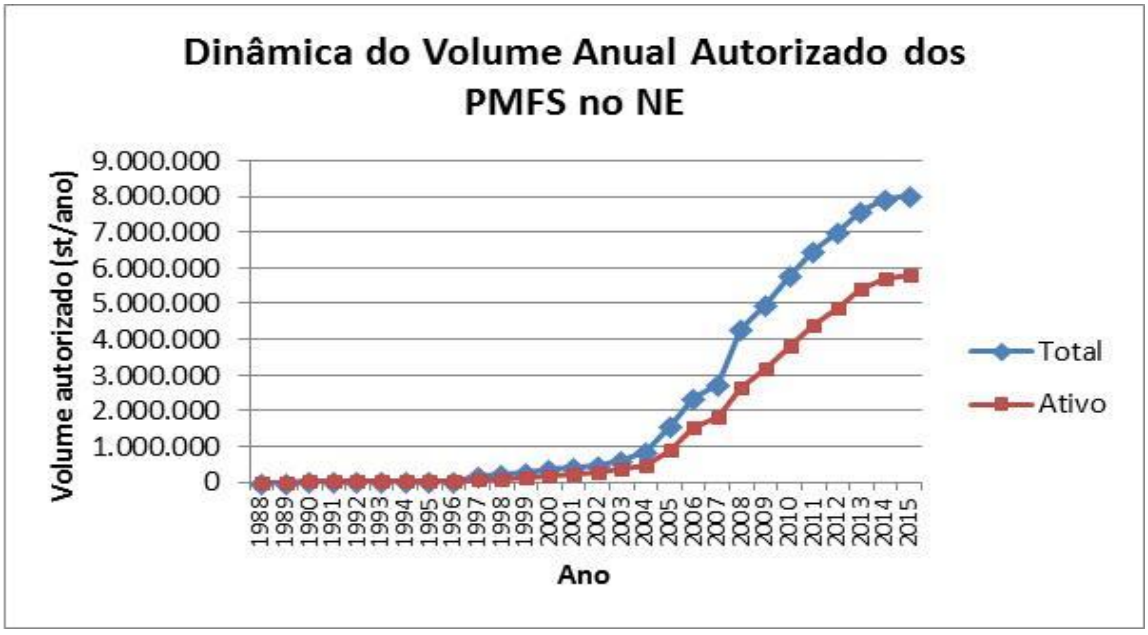


Figura 7. Dinâmica do volume anual autorizado dos PMFS no Nordeste.



A situação dos PMFS em 2015 é resumida na Tabela 6.

Tabela 6. Situação dos PMFS no Nordeste em 2015.

Aspecto	Total	Ativos	% ativos
Número de PMFS	874	588	67%
Área de PMFS (ha)	579.679	393.996	68%
Volume autorizado (st/ano)	8.050.635	5.803.145	72%

Vale ainda destacar que 14% dos PMFS são localizados em Projetos de Assentamento, especificando o seu potencial social. Esses Planos representam 9% da área total manejada e 6% do volume total anual autorizado.

Em termos de produtividade os PMFS apresentam um IMA médio de 12,7 $st.ha^{-1}.ano^{-1}$ (aproximadamente 2,7 $tMS.ha^{-1}.ano^{-1}$) variando entre 1,5 e 48,3 $st.ha^{-1}.ano^{-1}$. Essas produtividades são estimativas prévias, sem embasamento em medições de campo do crescimento após a exploração.

Com base nessa estimativa preliminar da produtividade foi calculada a Tabela 7.

Tabela 7. Disponibilidade de biomassa da vegetação nativa em PMFS no bioma Caatinga.

Área	Produtividade	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponibilidade real	Disponibilidade de biomassa para energia
(10^6 ha)	tMS/ha.a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
0,394	2,67	1	0,75	0,8	0,789	0,631

A partir dessa estimativa, os PMFS no bioma Caatinga, em 2015, poderiam fornecer as seguintes quantidades de biomassa:

- biomassa para fins energéticos = 0,631 10^6 tMS/ano
- biomassa para fins não-energéticos = 0,158 10^6 tMS/ano

Pareyn et al (2015), apresentaram um zoneamento do bioma em classes de produtividade, em função da precipitação média anual, que é a principal variável explicativa do IMA da caatinga após o corte. A partir desse zoneamento será possível realizar um refinamento das estimativas de colheita sustentável de biomassa lenhosa esperado a partir de PMFS no bioma.

Os usos da biomassa nos PMFS bem como as propriedades físicas e térmicas dessa biomassa são idênticos à da biomassa de Caatinga como um todo e, portanto, podem ser observados nos itens 4.1.2 e 4.1.3.

4.3. Biomassa de reflorestamento

4.3.1. Disponibilidade

As iniciativas de reflorestamento existentes no Nordeste são quase que exclusivamente com *Eucalyptus spp.* Reflorestamentos com espécies nativas são muito poucos e se limitam a:

- um caso de reflorestamento com Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) pela empresa Carbomil em Limoeiro do Norte/CE. Os plantios contemplem em torno de 400 ha e foram estabelecidos entre 2003 e 2006. Os IMAs encontrados aos 3 e 7 anos para ABPH foram 1,3 e 6,3 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$, respectivamente (equivalente a 1,0 e 4,6 tMS. $ha^{-1}.ano^{-1}$);

- plantios de algaroba (*Prosopis juliflora*) no programa FISET na década dos anos oitenta. Esses plantios tinham como objetivo principal a produção forrageira (vagem) e podem ter atingido uma área de até 90 mil hectares[1]. Contudo, atualmente, poucos destes ainda existem e, portanto, não podem oferecer biomassa para atender a demandas de mercado;

- muitos pequenos reflorestamentos com sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*), espécie nativa da caatinga originária dos estados de CE e PI, principalmente. O principal interesse dos plantios reside na produção de estacas. Praticamente não há registros desses plantios; os mesmos são de pequena escala e muito dispersos principalmente nas regiões de Agreste e Litoral. Também não apresenta uma oferta significativa de biomassa.

Ainda existem áreas reflorestadas em pequena escala com outras espécies exóticas, principalmente na região litorânea, sendo com *Leucaena leucocephala* (leucena) *e Azadirachta indica* (Neem). Esses plantios visam principalmente a produção forrageira e recuperação de passivos ambientais, respectivamente. Também esses plantios não apresentam potencial de fornecimento de biomassa.

Por outro lado, os reflorestamentos com eucalipto já atingem áreas bem significativas no Nordeste, principalmente no estado da Bahia.

---

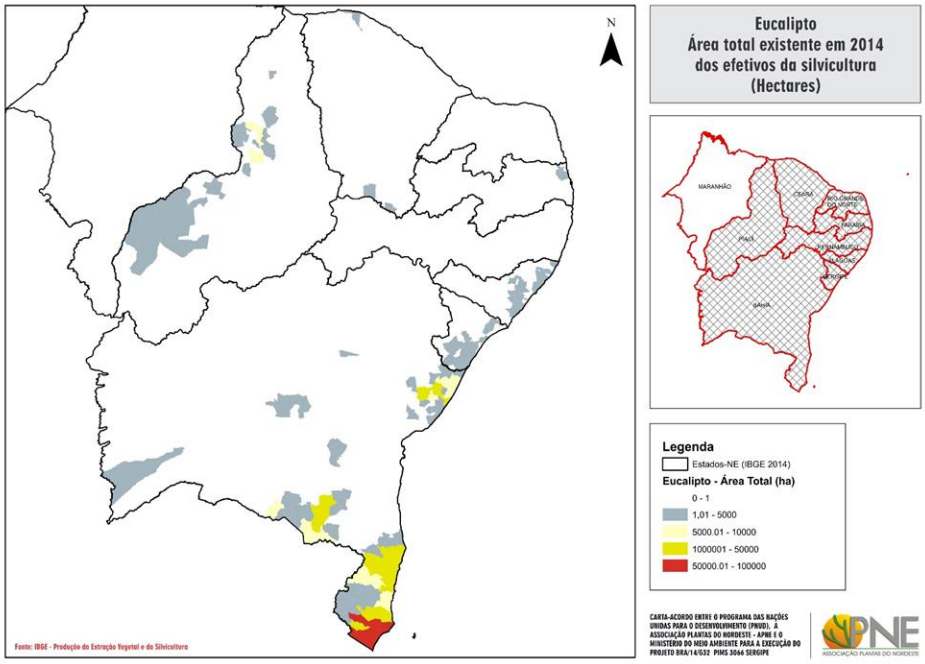
1 http://www.academia.edu/15023577/A_TRAJETÓRIA_DA_ALGAROBA_NO_SEMIÁRIDO_NORDESTINO_DILEMAS_POLÍTICOS_E_CIENTÍFICOS

A partir dos dados disponíveis no IBGE e pelo IBA, obtém-se o quadro de áreas apresentado na Tabela 8 (ano de referência 2014/2015) e o mapa de distribuição geográfica (Figura 8).

Tabela 8. Área de plantio de eucalipto por estado no Nordeste.

UF	Área Eucalipto (ha)
AL	5.213
BA	630.808
CE	42
PB	418
PE	0
PI	37.630
RN	0
SE	3.129
Total NE	**677.240**

Figura 8. Áreas de reflorestamento com Eucalipto no Nordeste.



Para estimar a produção de biomassa, consideramos um valor de 35 m^3/ha/ano, com densidade média de madeira com casca de 0,54 tMS/m^3.

O uso da biomassa dos plantios de eucalipto ocorre de várias maneiras:

1. Usos primários: a) toras para serraria (diâmetro >14 cm); b) toras e toretes para celulose ou carvão vegetal (diâmetro >6 < 14 cm); e c) lenha (diâmetro <6 cm). Porém, ocorre que parte da madeira celulósica é vendida como lenha quando o preço para esse uso é maior que o preço pago para celulose ou carvão vegetal.
2. Usos secundários: mais de 30% da madeira destinada à serraria fica como sarrafos ou aparas, que podem ser vendidos como lenha ou transformados em cavacos. Uma parte dos cavacos se destina a celulosa e outra parte a combustível, dependendo da qualidade, dos preços e das distancias até o consumidor.
3. Desperdícios: uma parte importante dos ponteiros e outros restos da colheita de eucaliptos não são recuperados como lenha e ficam no campo. Porém, podem ser utilizados por usuários locais.

Tabela 9. Disponibilidade de biomassa a partir do reflorestamento com eucalipto.

Área	Estoque	Produtivi-dade	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponibi-lidade total	Disponibi-lidade para energia
(10^6 ha)	tMS/ha	tMS/ha,a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
0,677		18,9	1,00	0,95	0,20	12,2	2,4

A partir dessa estimativa, as áreas de plantios de eucalipto existentes na região contemplada, poderiam fornecer as seguintes quantidades de biomassa:

- para fins energéticos 2,4 10^6 tMS/ano
- para fins não-energéticos 9,8 10^6 tMS/ano

4.3.2. Propriedades físicas e térmicas.

A Tabela 10 apresenta as propriedades físicas e térmicas da biomassa de eucalipto.

Tabela 10. Propriedades físicas e térmicas de biomassa de eucalipto.

Peso específico	Poder calorífico	Peso verde do metro empilhado	Umidade Inicial	Umidade final	Cinzas	Dimensões (cm)	
g/cm^3	Kcal/gMS	(kg/st)	%	%	%	min	max
0,54	4,6	600	45	25 a 30	1 a 2	2x2x120	20x20x240

4.3.3. Usos

Em termos de uso o eucalipto tem se mostrado versátil e pode-se citar as seguintes utilizações:

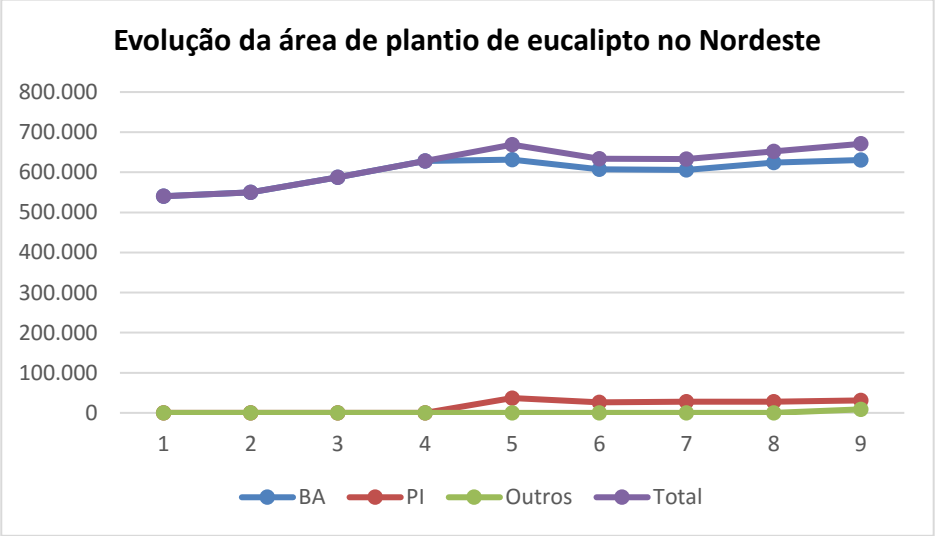
a) toras para serraria (diâmetro >14 cm);
b) toretes para celulose e carvão (diâmetro >6 < 14 cm);
c) lenha (diâmetro <6 cm);
d) estroncas para construção;
e) estacas para cerca
f) postes para fiação elétrica, telefónica, construções rústicas,

O destino final da produção em cada região dependerá, então, dos mercados existentes e dos preços oferecidos para cada tipo de produto.

4.3.4. Histórico de oferta e perspectivas

Os dados históricos (2006 a 2014) da área total de eucalipto são fornecidos pelo IBA, apenas para os Estados da Bahia e Piauí. Os dados para os outros Estados da Região Nordeste (Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Ceará) são disponibilizados apenas para o ano de 2014 pelo IBGE (Figura 9).

Figura 9. Evolução da área de plantio de eucalipto no NE (ha).



Em caso de continuar nessa mesma tendência, a área plantada atingirá 700 mil hectares em 2020 e pouco mais de 710 mil em 2025.

4.4. Biomassa de Algarobais Espontâneos

A algaroba (*Prosopis juliflora* Griseb.) é uma espécie difundida e estudada em muitas regiões semiáridas do mundo visando produção forrageira e madeireira. Foi introduzida no semiárido brasileiro nos anos quarenta do século passado e já fez parte de programas oficiais de reflorestamento (FISET).

Posteriormente, a espécie se adequou excepcionalmente bem às condições ambientais das várzeas e baixios na região semiárida, onde iniciou a sua dispersão espontânea a partir do abandono dessas áreas pelos agricultores. O fato de ocorrer em povoamentos homogêneos, densos e com altas taxas de crescimento, aliado ao aspecto de "sempre verde" em áreas de intensa presença humana (várzeas), lhe forneceu a fama de "espécie exótica invasora" com indicações enganadas de presença em "...*milhões de hectares*...", inclusive na bibliografia científica.

A partir do conhecimento acumulado e de literatura, os estados de maior ocorrência de algarobais espontâneos são Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba. Ainda há ocorrência significativa nos estados da Bahia e Piauí, porém não se dispõe de informação detalhada ao respeito. A sua ocorrência nos estados do Ceará, Sergipe e Alagoas é insignificante.

A biomassa lenhosa oriunda desses algarobais apresenta algumas vantagens acima de outras biomassas:

- em sendo uma espécie exótica, não há restrições legais quanto à sua exploração [2];
- a madeira tem características favoráveis à sua utilização para energia (tamanho, densidade);
- os algarobais espontâneos apresentam taxas de crescimento altas e permitem sistemas de manejo simples e eficazes, com ciclos de corte curtos, diversidade de produtos (lenha, estacas, mourões) e uso da motosserra.

4.4.1. Disponibilidade

Tabela 11. Disponibilidade de biomassa a partir de povoamentos espontâneos de algaroba.

UF	Área	Estoque	Produtividade	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator Uso Energético (FUE)	Disponibilidade TOTAL	Disponibilidade para energia
	(ha)	tMS	tMS/a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
RN	17.863	367.206	85.679	0,82	1,00	0,90	0,070	0,063
PB	12.194	350.625	77.923				0,064	0,058
PE	67.456	1.127.805	281.134				0,231	0,207
Total	**97.513**	**1.845.636**	**444.736**				**0,365**	**0,328**

A partir dessa estimativa, os povoamentos espontâneos de algaroba existentes na região contemplada, poderiam fornecer as seguintes quantidades de biomassa:

- para fins energéticos = 0,328 10^6 tMS/ano

[2] Apenas no estado da Paraíba há necessidade de inventário e autorização prévia à exploração,

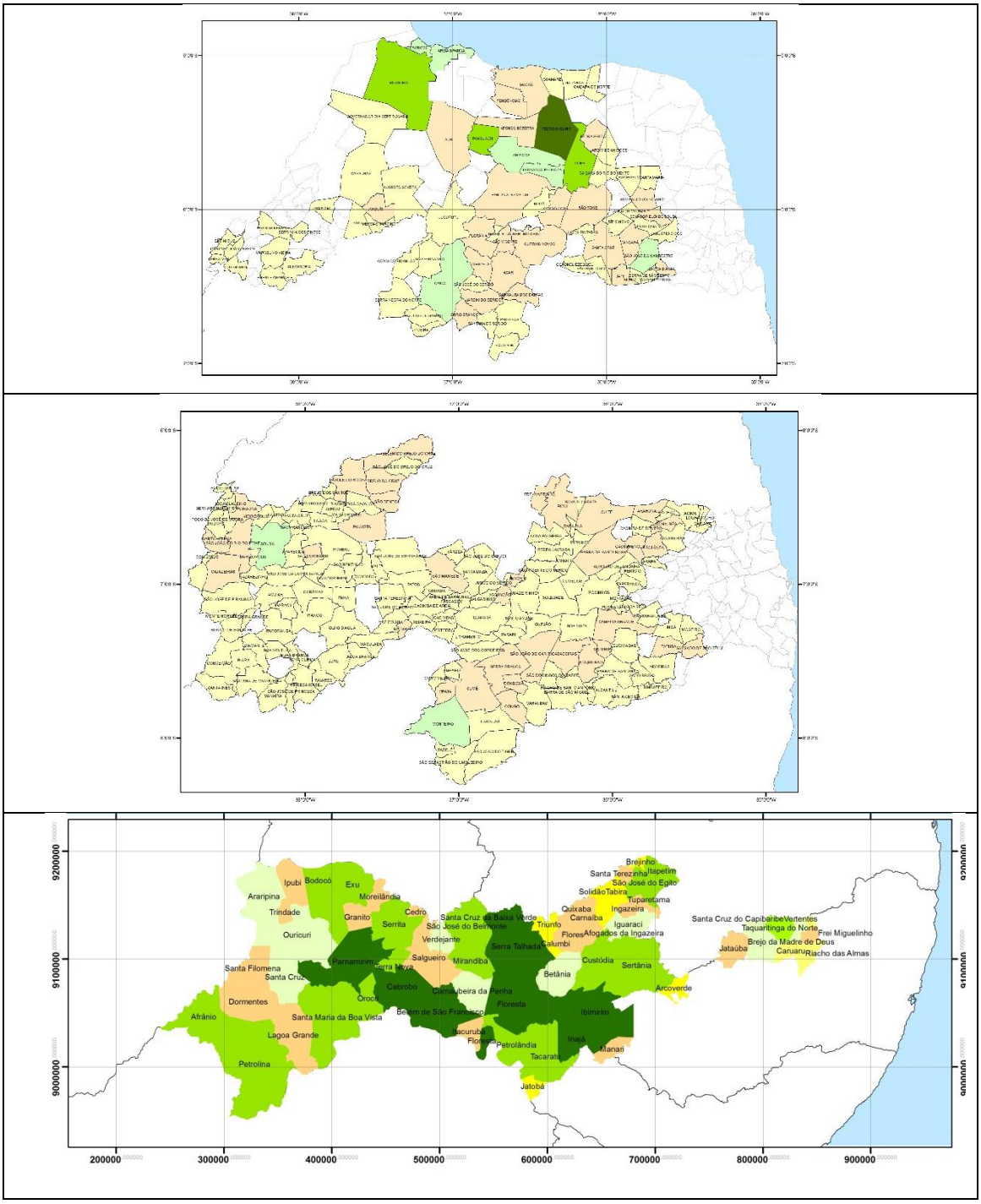
- para fins não-energéticos = 0,037 10^6 tMS/ano

Os algarobais estão distribuídos na maioria dos municípios do Sertão e Agreste nos três Estados estudados, como demonstrado na Tabela 12 e na Figura 10.

Tabela 12. Municípios de PE, RN, PB, segundo sua área de algarobais espontâneos.

Área de algarobais		Pernambuco	Rio Grande do Norte	Paraíba
1 – 100 ha		16	43	121
101 – 500 ha		20	23	34
501 – 1.000 ha		10	6	2
1.001 – 2.000 ha		17	3	0
> 2.000 ha		7	1	0
Total		**70**	**76**	**157**

Figura 10. Ocorrência de algarobais espontâneos nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.



4.4.2. Propriedades físicas e térmicas

A Tabela 13 apresenta as propriedades físicas e térmicas da biomassa de algaroba.

Tabela 13. Propriedades físicas e térmicas de biomassa de algaroba.

Peso específico verde	Peso específico seco	Poder calorífico	Fator de empilhamento	Umidade Inicial	Umidade final	Cinzas	Dimensão (cm)	
g/cm^3	g/cm^3	Kcal/gMS	st/m^3	%	%	%	min	max
1,002	0,64	4,6	3,32	40	20	1 a 2	2x2x100	20x20x200

4.4.3. Usos

Os algarobais espontâneos são atualmente utilizados pelos proprietários para três finalidades principais:

- produção de forragem (vagens)
- obtenção de estacas e mourões para cerca
- produção de lenha

A forragem é muito valorizada em épocas de estiagem (mesmo que em poucos casos as vagens sejam colhidas e armazenadas para sua venda ou seu uso como ração). A obtenção de estacas e mourões é importante para manter ou aumentar cercados e outras benfeitorias. Geralmente são utilizadas nas propriedades e em alguns casos também comercializadas. A lenha é sempre comercializada, seja diretamente ou transformada em carvão. Constitui a principal fonte de geração de renda direta em dinheiro.

4.4.4. Histórico de oferta e perspectivas

Ainda que o aumento das áreas de algarobais espontâneos seja um fato amplamente reconhecido, não existem informações confiáveis sobre a dinâmica de avanço dos povoamentos ao longo do tempo. Com esta finalidade, a APNE realizará o teste de duas ferramentas de mapeamento automatizada de imagens de satélite (ferramenta mapbiomas e Random Forest) que permitirão:

1. Ampliar a área de mapeamento para toda a região Nordeste;
2. Realizar series históricas ao longo dos últimos 8 – 15 anos, possibilitando avaliar a dinâmica das populações de algaroba na região.

Contudo, será preciso testar essas ferramentas para avaliar a sua eficácia.

Por outro lado, levantamentos de campo permitiram concluir que em torno de 30% dos algarobais espontâneos ainda não sofreram exploração e tem possibilidades de ingressar no sistema de fornecimento de biomassa. Ao mesmo tempo, diversos atores da cadeia informaram que já se torna mais difícil a obtenção de lenha grossa de algaroba (proveniente de árvores velhas)

4.5. Biomassa de Cajueiro

4.5.1. Disponibilidade

Os plantios de cajueiro (*Anacardium occidentalis* L.) são estabelecidos visando a produção do pseudo-fruto e da castanha. Porém, em sendo uma espécie arbórea, há bastante produção de biomassa lenhosa no caso do cajueiro gigante. Considerando que a maioria desses plantios de cajueiro gigante já tem idade avançada (10 a 20 anos) há necessidade de poda buscando promover a frutificação. Essas podas podem produzir biomassa de forma sustentável sempre que as árvores podadas continuam crescendo.

Na atualidade, com o advento de novas tecnologias (cajueiro anão e substituição de copa) ocorrem podas adicionais mais drásticas para substituição de copas e, em muitos casos, derrubadas generalizadas dos plantios de cajueiro gigante[3].

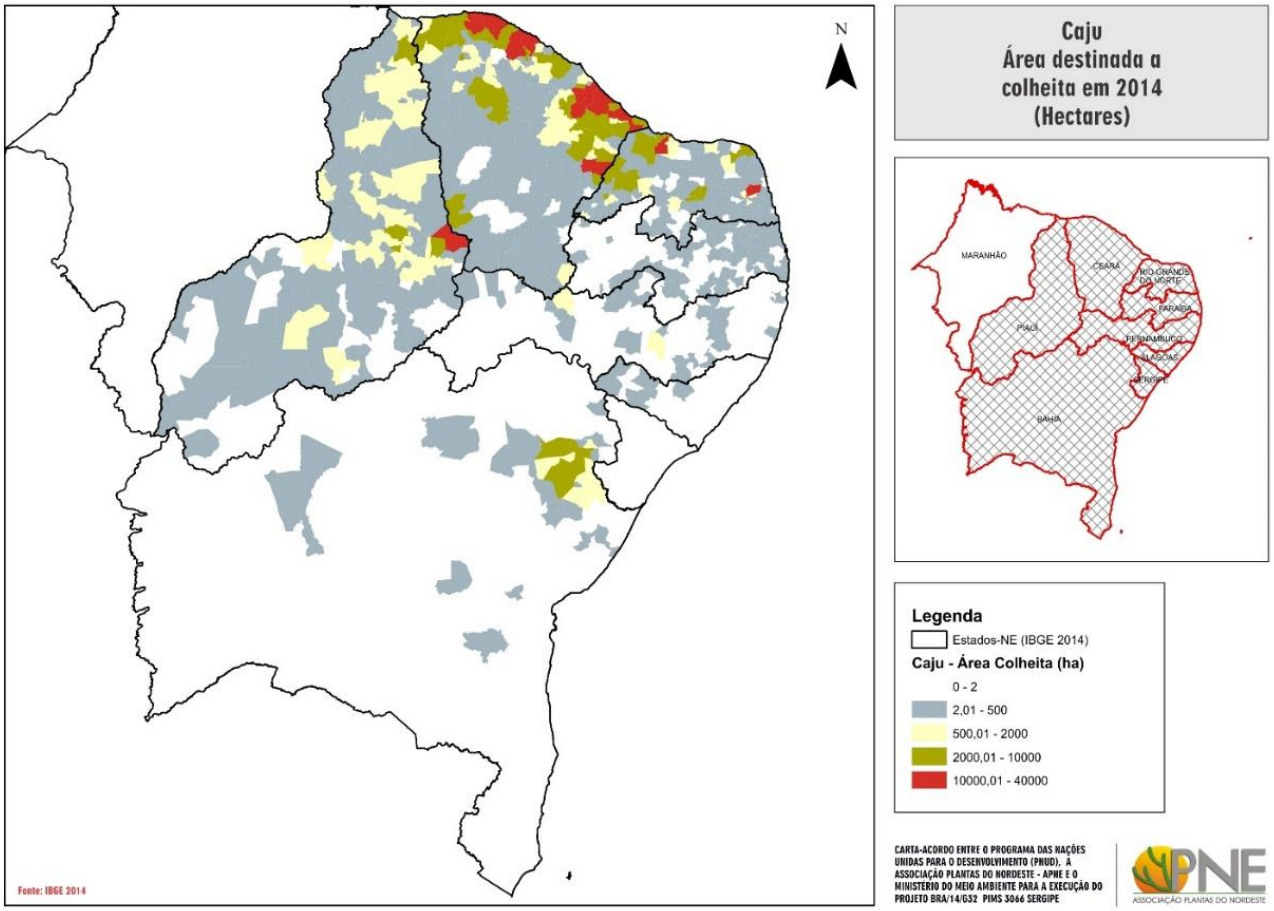
A Tabela 14 apresenta as áreas de cajueiro existentes nos estados (ano base 2014). Estas informações estão também na Figura 11.

Tabela 14. Áreas de plantio de cajueiro nos estados do Nordeste.

UF	Área (ha)
AL	1.169
BA	22.690
CE	378.094
PB	4.125
PE	3.571
PI	92.338
RN	107.020
SE	0
Total	**609.007**

[3] Há fortes indícios que a derrubada dos plantios de cajueiro gigante que ocorre em áreas como a Serra de Santana/RN e Serra de Cuité /PB não acontece para promover a renovação das copas, mas sim, com o interesse de produção e venda de biomassa como lenha, devido à proximidade de polos consumidores de lenha.

Figura 11. Áreas implantadas com cajueiro no Nordeste



A Tabela 15 apresenta as estimativas de biomassa a partir da exploração dos plantios de cajueiro.

Considerando que apenas em poucos casos se trata de "poda", a estimativa de biomassa disponível praticamente se limita ao estoque disponível. Após a derrubada dos cajueiros gigantes, ainda que haja substituição de copa ou replantio com cajueiro anão, a produção de biomassa é insignificante. Pode-se estimar que a totalidade de biomassa disponível poderá ser utilizada ao longo dos próximos 10 a 15 anos.

Tabela 15. Disponibilidade de biomassa a partir de derrubada de cajueiros.

Área	Estoque	Produtividade (entre 2015 e 2025)	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponibi-lidade Total	Disponibilidade para energia
(10^6 ha)	tMS/ha	tMS/ha.a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
0,609	36,6	3,7	1,00	0,90	1,00	2,0	2,0

4.5.2. Propriedades físicas e térmicas

A lenha de cajueiro não tem as propriedades ideais como combustível pelas seguintes razões:

- as peças são tortas, curtas e de diâmetros médios a grandes (> 6 < 60 cm, sendo que peças maiores a 40 cm devem ser rachadas antes da queima);
- a madeira é de baixa densidade e casca grossa, a qual desprende-se durante a estocagem;
- quando obtida de podas e derrubada de árvores vivas, a lenha é "verde", sendo recebida nas indústrias com alto teor de umidade (40 a 50% em base úmida).

Principalmente na indústria da cerâmica vermelha, a lenha de cajueiro é utilizada na fase de "esquento" aproveitando as peças grossas que queimam mais lentamente, e na fase final do "caldeio" ("acabamento" – para dar uma cor mais avermelhada).

A alta frequência de uso desta biomassa é devida a três fatores:

a) seu preço por unidade de volume é menor que o de outras lenhas;
b) os órgãos ambientais permitem (e até promovam) seu uso, sem restrições;
c) está sempre disponível.

A Tabela 16 apresenta as propriedades físicas e térmicas da biomassa de cajueiro

Tabela 16. Propriedades físicas e térmicas da biomassa de cajueiro.

Peso específico	Poder calorífico	Peso verde do metro empilhado	Umidade Inicial (%)	Umidade final (%)	Cinzas %	Dimensões
g/cm^3	Kcal/g	Kg/st				**(cm)**
0,4	4,5	380	40 a 50	20 a 40	2 a 4	5x5x80 até 40x40x50

4.5.3. Usos

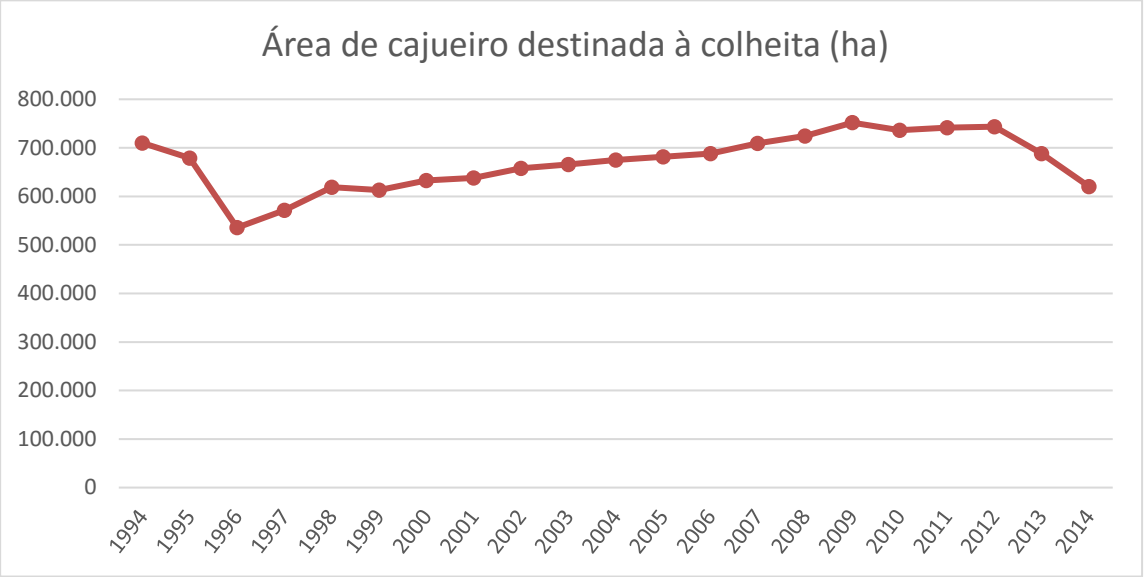
Praticamente o uso da madeira de cajueiro limita-se para biomassa para energia.

4.5.4. Histórico de oferta e perspectivas

A Figura 12 apresenta a dinâmica da área de cajueiro destinada à colheita (IBGE) no período de 1994 a 2014. Observa-se que ocorre pouca dinâmica com um aparente declínio de 2012 a 2014. Esse período

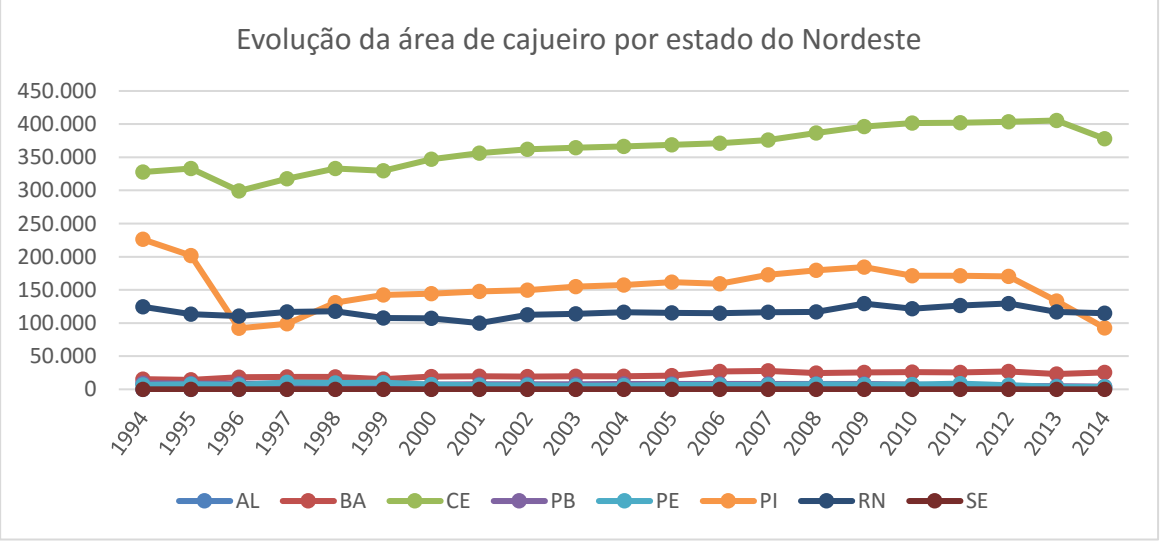
coincide com a ocorrência da seca excepcional (2012 – 2015) bem como com o avanço do uso da lenha de cajueiro como fonte de energia através da derrubada do cajueiro gigante.

Figura 12. Evolução da área de cajueiro no Nordeste entre 1994 e 2014.



A Figura 13 apresenta a dinâmica da área de cajueiro nos Estados do Nordeste. Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí são responsáveis por 61%, 19% e 15% da área plantada, e somente 5% ocorre nos demais estados.

Figura 13. Evolução da área de cajueiro nos estados do Nordeste entre 1994 e 2014.



4.6. Biomassa de Outras Frutíferas

4.6.1. Disponibilidade

A biomassa de "Outras frutíferas" – lenha de poda de mangueira, goiaba, etc – igual à de cajueiro, tem ganhada importância e interesse dos consumidores de biomassa florestal do Nordeste, principalmente devido à inexistência de restrições legais para o seu uso. A possibilidade do seu uso depende exclusivamente da sua oferta, ou seja, que é mais ampla em regiões onde há áreas de cultivo de espécies frutíferas, tais como o litoral oriental e as áreas de cultivos irrigados (ex. Petrolina).

A Tabela 17 apresenta as áreas plantadas na região Nordeste, de acordo com as estatísticas do IBGE, considerando as seguintes espécies frutíferas lenhosas: abacate, caqui, goiaba, laranja, limão, maçã, manga, marmelo, tangerina e uva.
A Figura 14 apresenta a sua distribuição geográfica.

Tabela 17. Área (ha) com plantios de "Outras frutíferas" por estado (2014).

UF	Área (ha)
AL	5.441
BA	96.366
CE	11.101
PB	5.225
PE	22.423
PI	1.427
RN	3.847
SE	55.106
Total	**200.936**

A oferta de biomassa lenhosa a partir das podas ou renovações desses plantios ainda não é conhecida.
A fim de possibilitar uma estimativa de produtividade, adotou-se uma média de 50% da produtividade calculada para o caso do cajueiro. Também nesse caso, não há uso concorrente da biomassa obtida. Essas estimativas são apresentadas na Tabela 18.

Figura 14. Ocorrência de outras frutíferas no Nordeste (2014).

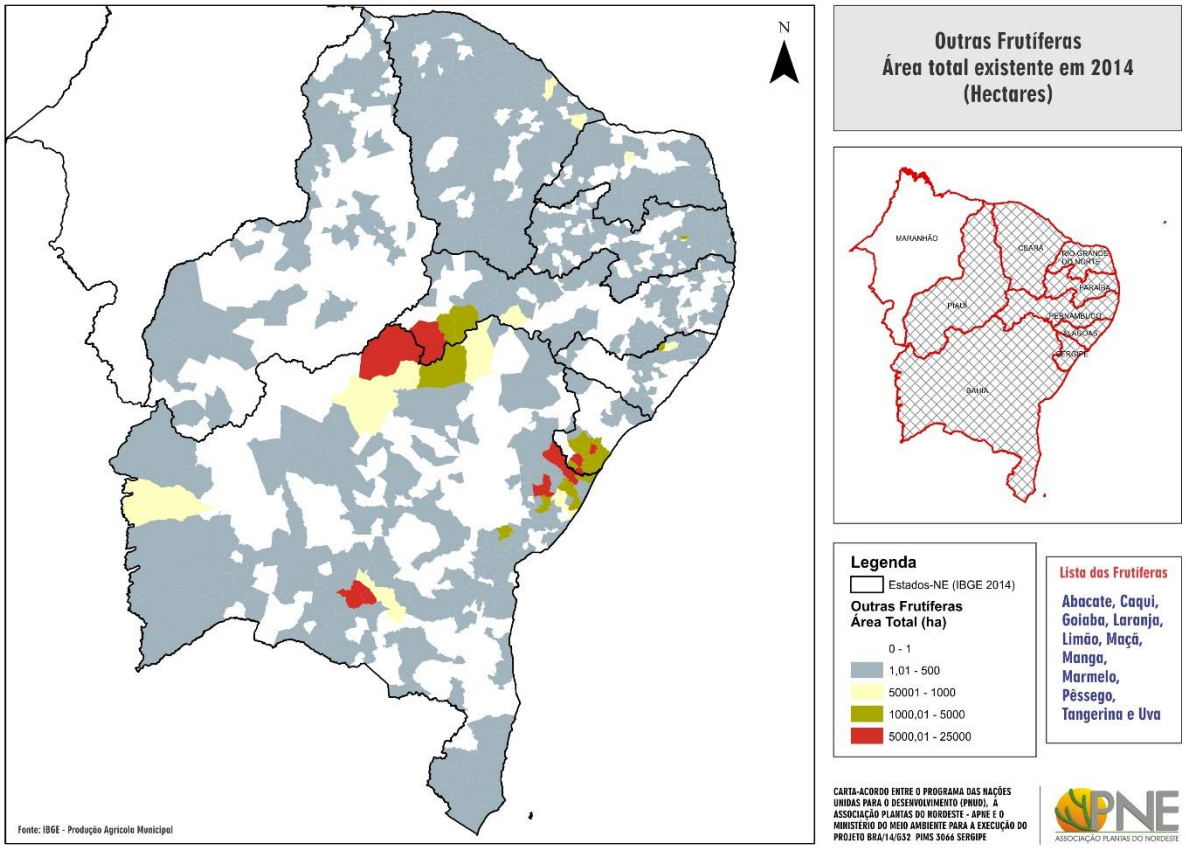


Tabela 18. Disponibilidade de biomassa a partir de poda e substituição de "outras frutíferas".

Área	Estoque	Produti-vidade	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponibi-lidade Total	Disponibi-lidade para energia
(10^6 ha)	tMS/ha	tMS/ha.a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
0,201	sd	1,8	1,00	0,90	0,00	0,33	0,33

4.6.2. Propriedades físicas e térmicas

As propriedades físicas e térmicas da biomassa lenhosa de "outras frutíferas" não são bem conhecidas, mas são muito similares às da biomassa de cajueiro.

A Tabela 19 apresenta as propriedades físicas e térmicas da biomassa de "outras frutíferas".

Tabela 19. Propriedades físicas e térmicas da biomassa de "outras frutíferas"

Peso específico	Poder calorífico	Peso verde do metro empilhado	Umidade Inicial	Umidade final	Cinzas	Dimensões
g/cm³	Kcal/g	Kg/st	%	%	%	cm
0,5	4,6	300 a 450	45	35	1 a 3	5x5x80 até 20x20x200

4.6.3. Usos

Também no caso de "outras frutíferas", o uso da madeira limita-se a biomassa para energia.

4.6.4. Histórico de oferta e perspectivas

A Figura 15 apresenta a dinâmica da área de "Outras frutíferas" destinada à colheita (IBGE) no período de 1994 a 2014. Houve uma tendência crescente no período de 1994 a 2006. Depois de 2006, a área se manteve praticamente estável.

Por sua vez, a Figura 16 apresenta essa dinâmica nos diversos estados considerados no estudo. Os estados da Bahia, Sergipe e Pernambuco são responsáveis por 48%, 27% e 11% da área plantada, sendo que os demais estados têm área pouco significativa (13%).

Figura 15. Dinâmica da área de "Outras frutíferas" entre 1994 e 2014.

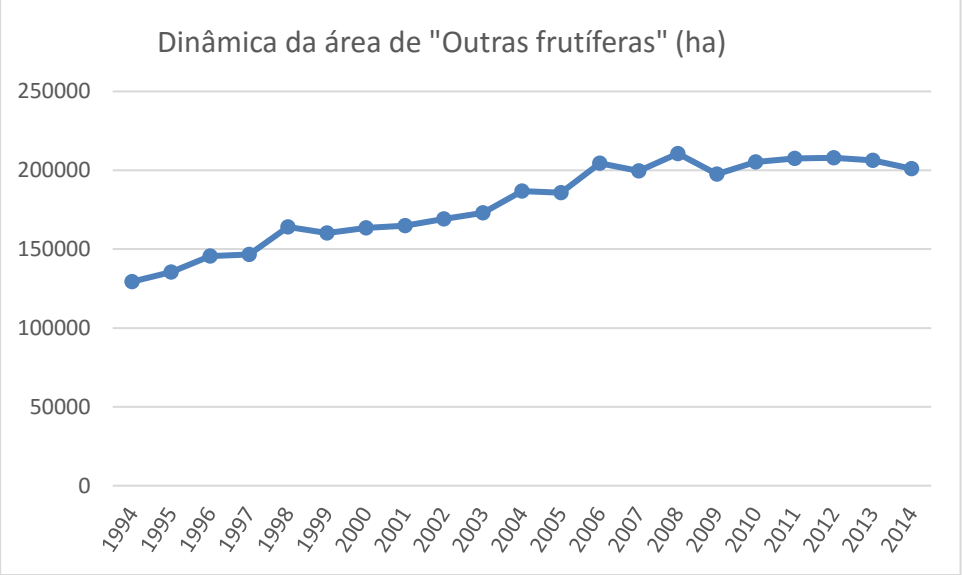
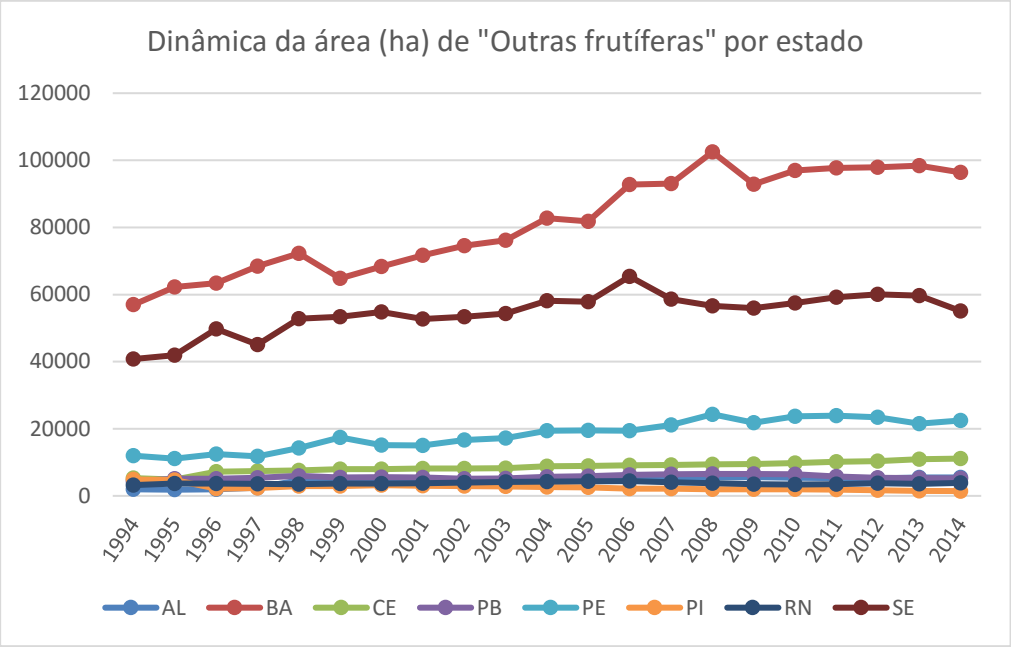


Figura 16. Dinâmica da área de "Outras frutíferas" por estado do estudo entre 1994 e 2014.



4.7. Biomassa de bagaço e pontas e folhas de cana-de-açúcar

4.7.1. Disponibilidade

A lavoura de cana-de-açúcar é uma importante fonte de biomassa no Nordeste. Está concentrada na região litorânea oriental, com pequenos encraves de cultivo no sertão (Figura 17).

O bagaço, que já foi utilizado como fonte energética em outros setores industriais no passado, não resulta economicamente acessível na atualidade por dois motivos: 1) a alta demanda das próprias usinas para cogeração de eletricidade e 2) o alto preço pago pelo bagaço para forragem.

As pontas e folhas de cana são uma fonte potencial de biomassa. Onde se faz colheita manual de cana, as folhas secas e boa parte das folhas verdes são queimadas antes do corte e não ficam disponíveis. Ao contrário, nas áreas de colheita mecanizada, as folhas e ponteiros (140 kg de matéria seca por tonelada de cana colhida (Cortez, 2010)) ficam no campo, em peças de 5 a 20 cm de comprimento, e secam em dois ou três dias até menos de 10% de umidade.

Em nível nacional, a colheita mecanizada vem substituindo a colheita manual, devido a:

- falta de mão-de-obra
- pressão ambiental e social para reduzir queima de canaviais
- legislação estadual e federal que objetiva reduzir ao mínimo a queima de canaviais.

Na região Nordeste a transição de colheita manual a mecanizada ocorre mais lentamente que no Sudeste e Centro Oeste do Brasil. Destaca-se o RN, onde a Usina Estivas já tem 30% da área mecanizada. No estado da Paraíba, a estimativa da ASPLAN é de 15%. As áreas de forte declividade (encostas, ladeiras, etc.) não são mecanizáveis; estima se que só 40% dos canaviais no PE, e até 70% no SE, que ocorrem em terras com menos de 12% de declividade poderão ser mecanizados no futuro (Torquato et al.).

A tecnologia de recuperação de ponteiros e folhas já foi testada e está sendo utilizada em SP. O custo estimado no ano 2005 era de 9,60 USD/t de palha seca, compactada em fardos, posta na usina (Cortez, 2010). Com respeito ás distancias de transporte, e considerando que:

- o peso especifico dos fardos (210 kg MS/m^3) (Cortez, 2010) é similar ao da lenha de caatinga (210 kgMS /mst);
- atualmente se transporta lenha de caatinga a mais de 300 km; e
- diversos polos consumidores de biomassa florestal estão a menos de 300 km das áreas canavieiras;

pode-se concluir que o transporte de folhas e pontas secas de cana em fardos é tão viável quanto o transporte da lenha na forma em que é praticado na atualidade.

A Tabela 20 apresenta a área de cana-de-açúcar para o ano de referência de 2014. Por sua vez a Figura 17 traz a distribuição da área com cana-de-açúcar no nordeste brasileiro.

Tabela 20. Área de cana-de-açúcar (2014).

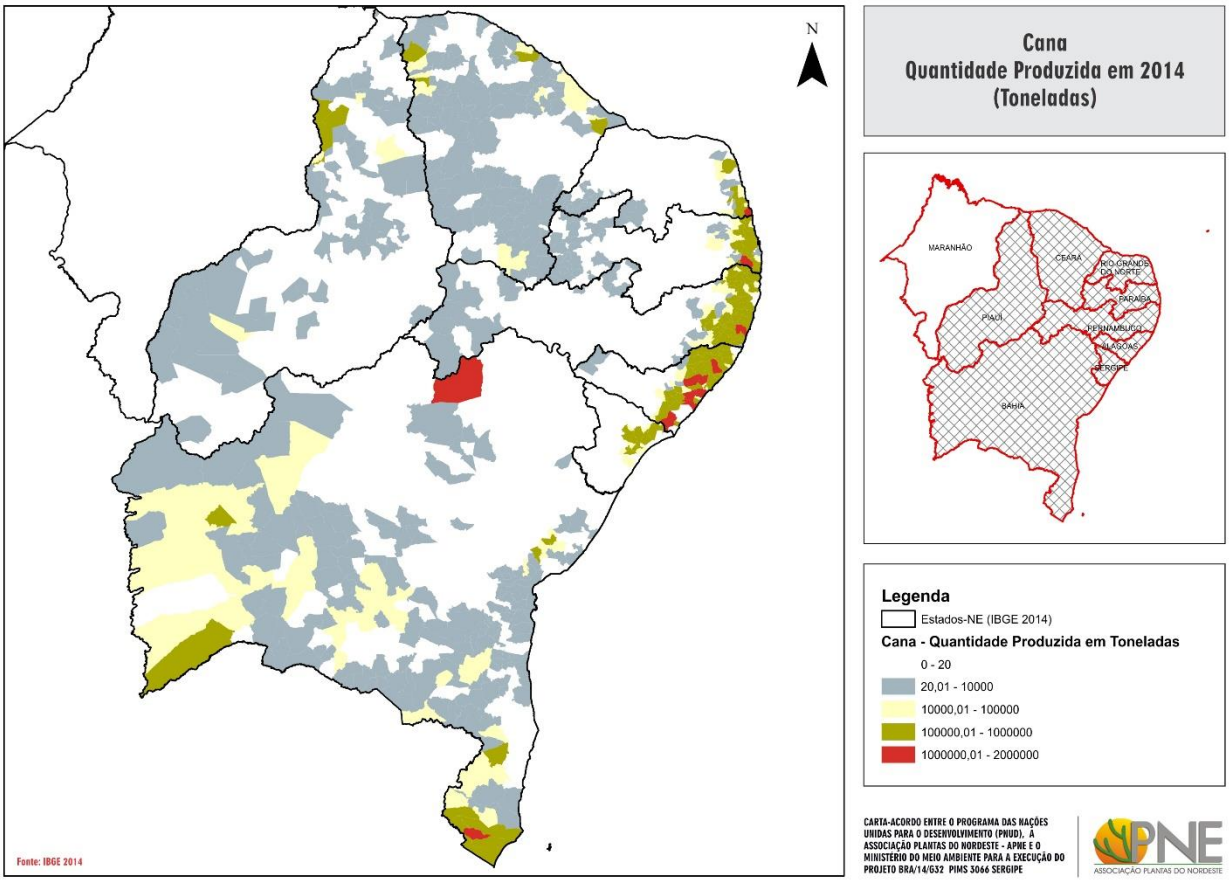
UF	Area colhida (ha)
AL	450.588
BA	118.645
CE	25.190
PB	119.877
PE	302.932
PI	14.774
RN	65.887
SE	48799
Total	**1.146.692**

A disponibilidade atual de biomassa de resíduos da colheita mecanizada de cana é baixa, devido à pouca penetração da colheita mecânica. Contudo, esta tecnologia deverá ser implementada nos próximos anos, gerando uma ampla oferta potencial de resíduos. Na Tabela 21 é apresentado o potencial estimado com base em 140 kgMS de pontas e folhas por tonelada de cana colhida.

Tabela 21. Disponibilidade de biomassa a partir de pontas e folhas de cana-de-açúcar (2014).

Área	Cana colhida	Produtividade (pontas e folhas)	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponi-bilidade total	Disponi-bilidade para energia
(10^6 ha)	tMS/ha	tMS/t cana				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
1,147	56,3	0,14	0,30	0,70	1,00	1,9	1,9

Figura 17. Produção de cana-de-açúcar no Nordeste Brasileiro (2014).



4.7.2. Propriedades físicas e térmicas

A Tabela 22 apresenta as propriedades físicas e térmicas da biomassa de resíduos de cana-de-açúcar.

Tabela 22. Propriedades físicas e térmicas das folhas e pontas de cana de açúcar.

Peso específico (fardos)	Poder calorífico	Fator de empilhamento	Umidade Inicial	Umidade final	Cinzas	Dimensões
g/cm^3	Kcal/g		(%)	(%)	%	cm
0,210	4,5	n.c.	12	8 a 10	5 a 7	0,1x3x50

4.7.3. Usos

Ao longo dos últimos 10 a 20 anos, o bagaço da cana-de-açúcar tem se tornado um resíduo muito procurado na região Nordeste por dois usos concorrentes:

- geração de energia elétrica nas próprias usinas e em outras indústrias
- forragem para animais, seja bagaço hidrolisado ou não

Já no caso de folhas e pontas as perspectivas de uso ainda são bastante incertas. A produção de álcool de 2ª geração é pouco desenvolvida e pouco promissora pelos altos custos do processo. Logo, o aproveitamento deste resíduo como biomassa para energia apresenta um potencial interessante, desde que utilizado de forma equilibrada, garantindo condições mínimas de conservação de solo (cobertura e incorporação de matéria orgânica).

4.7.4. Histórico de oferta e perspectivas

As Figuras 18 e 19 apresentam a dinâmica da área colhida (ha) e da colheita (t/ano) no conjunto dos estados contemplados ao longo do período 1994 – 2014. Observa-se uma redução da área colhida entre 1994 e 2006 com recuperação e manutenção da área a partir de 2008-2010. A colheita, no entanto, apresentou uma dinâmica ligeiramente crescente ao longo de todo o período.

Figura 18. Dinâmica da área colhida de cana-de-açúcar no Nordeste (ha/ano).

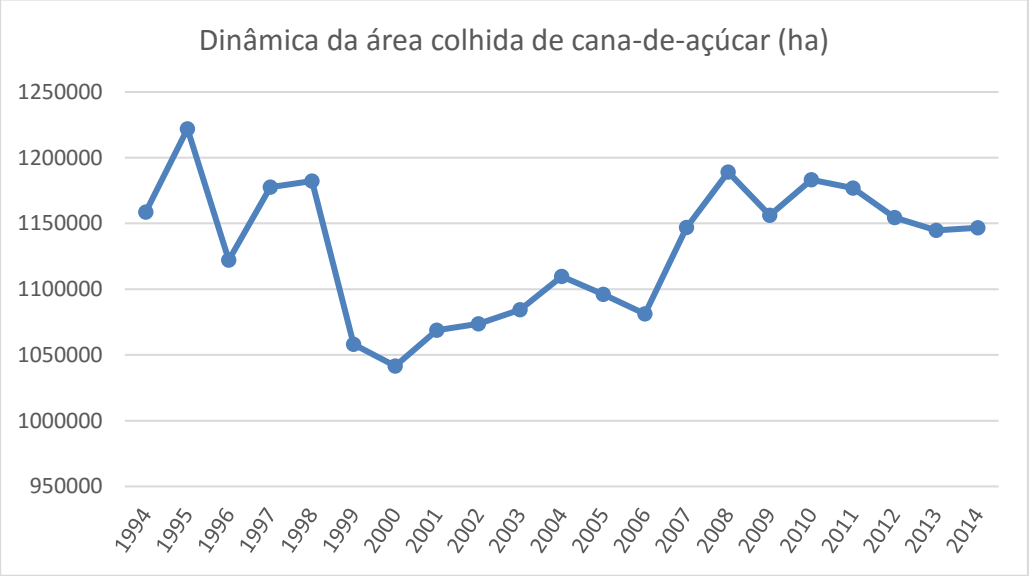
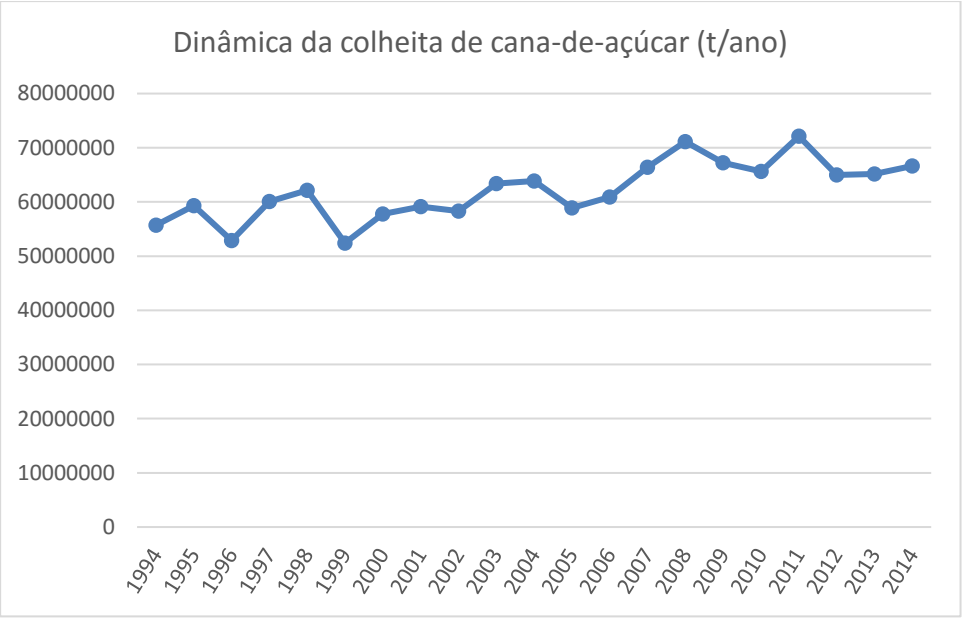


Figura 19. Dinâmica da colheita de cana-de-açúcar no Nordeste (t/ano).



Por sua vez, as Figuras 20 e 21 apresentam essas dinâmicas para cada estado.

Figura 20. Dinâmica da área colhida de cana-de-açúcar por estado (ha/ano).

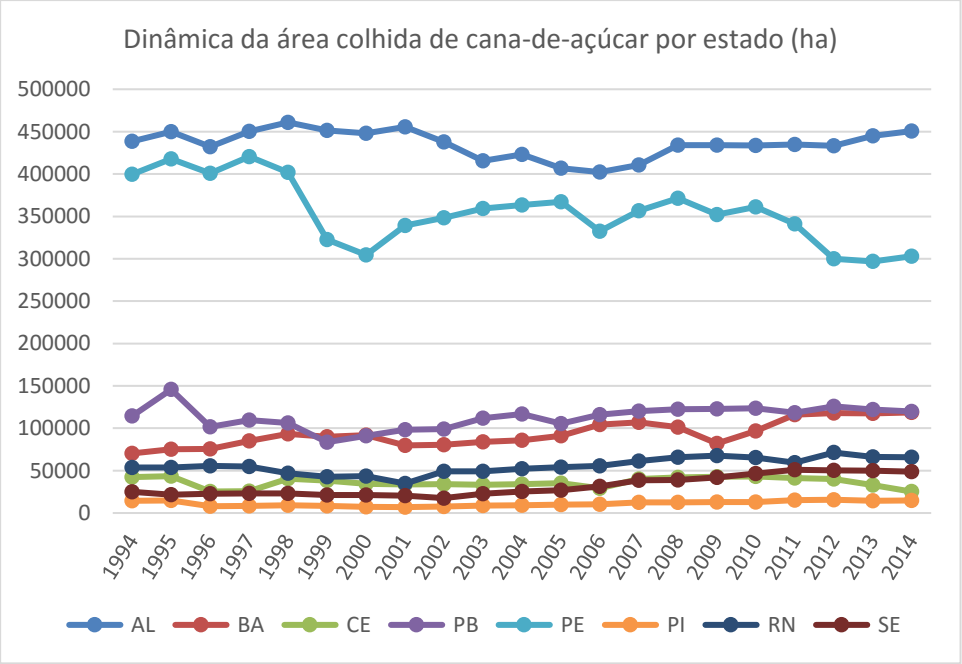
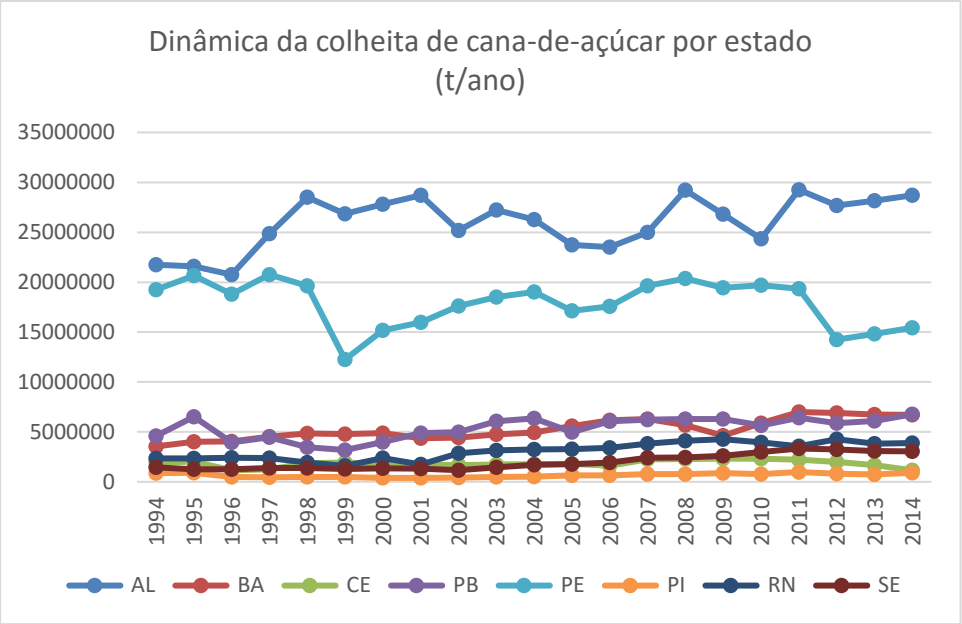


Figura 21. Dinâmica da colheita de cana-de-açúcar por estado (t/ano).



Os estados de Alagoas e Pernambuco são os mais importantes, tanto em área colhida (39% e 26% respectivamente) como na colheita (43% e 23% respectivamente).

As Figuras 22 e 23 e a Tabela 23 apresentam a dinâmica do rendimento observada ao longo do período para o conjunto dos estados e para cada estado. Observa-se um aumento em todos os estados entre 1994 e 2014, porém, com destaque para os estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte. De uma forma geral, a produtividade aumentou de quase 50 t/ha/a para quase 60 t/ha/a. Esse aumento é que explica o aumento da colheita, uma vez que a área se manteve praticamente estável.

Tabela 23. Dinâmica do rendimento da cana-de-açúcar no Nordeste.

RENDIMENTO (t/ha)								
	2000	**2002**	**2004**	**2006**	**2008**	**2010**	**2012**	**2014**
Alagoas	62,0	57,5	62,1	58,4	67,3	56,1	63,9	63,7
Bahia	53,2	55,3	57,6	59,0	56,1	60,7	58,5	56,5
Ceará	51,9	49,1	51,9	55,6	53,9	53,6	49,6	46,7
Paraíba	43,8	50,4	54,5	52,2	51,4	45,6	46,6	56,4
Pernambuco	49,8	50,6	52,3	52,9	54,8	54,5	47,5	50,9
Piauí	54,6	53,2	58,2	62,7	61,6	60,7	51,7	61,2
Sergipe	64,3	66,3	67,3	61,4	62,5	64,2	64,9	62,2
R G do Norte	54,8	58,1	62,2	61,0	62,3	60,7	59,9	59,2

Figura 22. Dinâmica da produtividade de cana-de-açúcar no Nordeste.

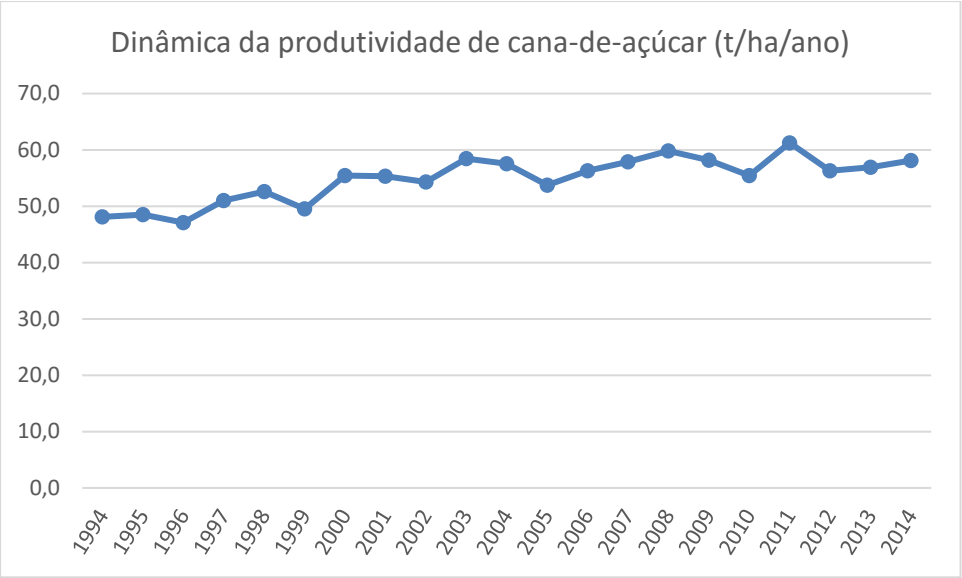
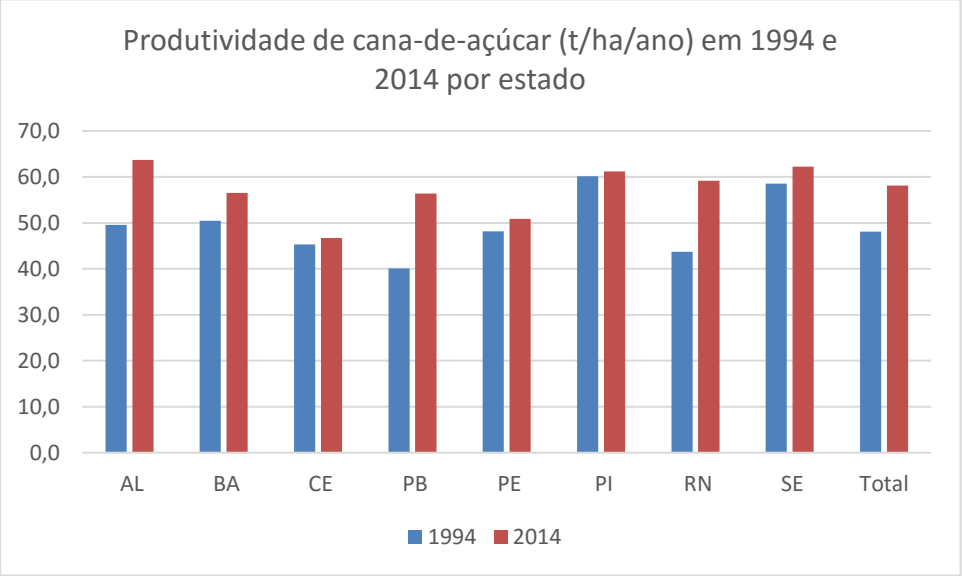


Figura 23. Produtividade de cana-de-açúcar (t/ha/ano) em 1994 e 2014, por estado.



4.8. Biomassa de casca (bucha), pedúnculos e folhas de coqueiro

Os plantios de coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.) são uma fonte potencial de biomassa para energia para o setor industrial do NE a partir do uso dos seguintes resíduos:

1. cascas ou "buchas" de coco seco (epicarpo e mesocarpo do fruto dos cocos da variedade gigante, que é retirado para a venda de coco seco descascado);
2. folhas maduras, que são cortadas cada vez que ocorre a colheita de um cacho (tipicamente 12 a 13 vezes por ano). Esta biomassa fica abandonada no campo, e as vezes utilizada para tetos;
3. pedúnculos e espatas, partes da inflorescência cortadas no ato da colheita. São abandonadas ou queimadas nos coqueirais.

Atualmente só as buchas vêm sendo utilizadas como biomassa combustível na indústria de cerâmica vermelha, e são adquiridas através de um sistema de troca. Os resíduos que ficam nas propriedades rurais (folhas, espatas, pedúnculos) geralmente são queimados. Apenas uma grande empresa plantadora os tritura e usa como cobertura morta do solo ("mulching") nos próprios plantios.

Os principais inconvenientes informados por ceramistas do uso dos resíduos de coco como fonte de energia são:

- alta umidade das buchas, que devem ser estocadas em galpão para secar;
- baixa densidade e pouco peso individual das buchas, que obriga a manter um abastecimento quase contínuo das fornalhas;
- a bucha não pode ser utilizada na etapa de esquento do forno, mas apenas no caldeio.

O custo de aquisição da casca ou bucha de coco é baixo e normalmente é trocada por tijolos. Nas fazendas produtoras de coco, não existe até agora nenhum sistema organizado de coleta de folhas nem de outros resíduos, e, portanto, essa oferta ainda é nula. As cascas somente são coletadas nos depósitos ou estabelecimentos dedicados a processar cocos secos.

Os cocos verdes geram um resíduo diferente, que consiste do fruto completo menos a "água de coco", Estes resíduos de coco verde são coletados como lixo urbano e não foram considerados em nossa estimativa de oferta.

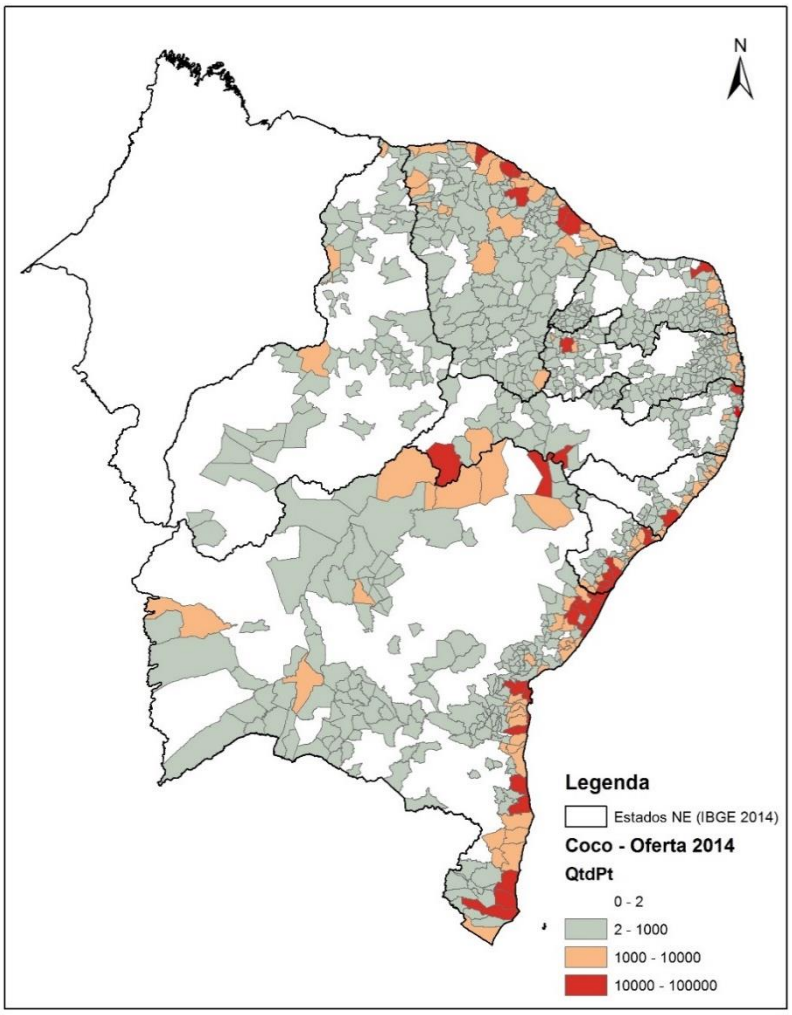
4.8.1. Disponibilidade

A Tabela 24 apresenta as áreas do cultivo de coqueiro na região do estudo. A Figura 24 apresenta a distribuição geográfica. Os estados mais importantes são Bahia, Ceará e Sergipe com 36, 21 e 18% da área com coqueiro.

Tabela 24. Áreas de plantio de coqueiro nos estados contemplados (2014).

UF	Área coqueiro (ha)
AL	14.832
BA	73.697
CE	42.168
PB	8.845
PE	7.849
PI	914
RN	17.113
SE	37.548
Total	**202.966**

Figura 24. Distribuição geográfica das áreas de cultivo de coqueiro (2014).



A Tabela 25 apresenta a disponibilidade de biomassa de resíduos de coqueiro a partir das seguintes estimativas:

- uma produção média de 6 mil cocos por hectare por ano;
- peso médio de uma casca de coco de 0,509 kg (matéria seca);
- uma produção média de folhas de 1,44 tMS por hectare e por ano;
- uma produção média de espatas e pedúnculos de 0,6 tMS por hectare e por ano,

As últimas duas estimativas se baseiam no peso médio de cada resíduo e sua produção unitária anual, com uma densidade média de 100 pés por hectare.

Tabela 25. Disponibilidade de biomassa a partir de resíduos de coqueiro (2014).

Resíduo	Área	Produtividade	Fator de Acessibilidade (FA)	Fator de Colheita (FC)	Fator de Uso Energético (FUE)	Disponi-bilidade total	Disponi-bilidade para energia
	(10^6 ha)	tMS/ha.a				10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
Casca	0,203	3,05	0,46*	0,8	0,8	0,23	0,18
Folha	0,203	1,44	1	0,5	1	0,15	0,15
Espata + pedúnculo	0,203	0,6	1	0,5	1	0,06	0,06
Total	0,203					**0,44**	**0,39**

* considerando os cocos verdes produzidos pelas variedades Gigante e Híbrido

4.8.2. Propriedades físicas e térmicas

A Tabela 26 apresenta as propriedades físicas e térmicas de resíduos de coqueiro.

Tabela 26. Propriedades físicas e térmicas da biomassa de coco.

Peso específico	Poder calorífico	Fator de empilhamento	Umidade Inicial	Umidade final	Cinzas	Dimensões
g/cm^3	Kcal/g		(%)	(%)	%	cm
0,210	4,5	n.c.	12	8 a 10	5 a 7	0,1x3x50

4.8.3. Usos

O uso potencial principal da casca de coco é energético. Existem outras aplicações (p.ex. jardinagem, extração de fibras para enchimento de bancos de carro) porém com demandas pouco significativas.

4.8.4. Histórico de oferta e perspectivas

A evolução da área de coqueiro na região de estudo foi pouco expressiva no período de 1994 a 2014 como pode ser observado na Figura 25 e 26. Apenas nos estados de Bahia e Ceará houve aumento da área de coqueiro até o ano de 2005. A partir desse momento, a área de coqueiro entrou em declínio.

Figura 25. Evolução da área de coqueiro no Nordestes 1994-2014.

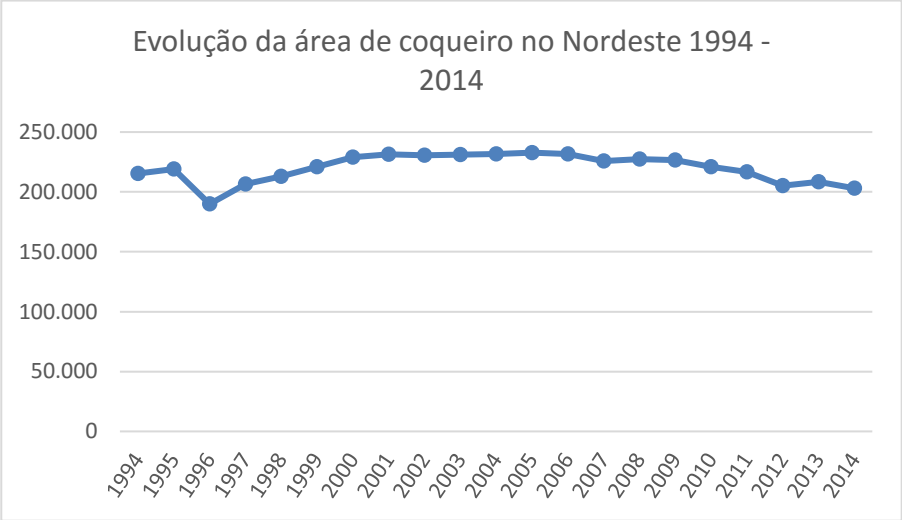
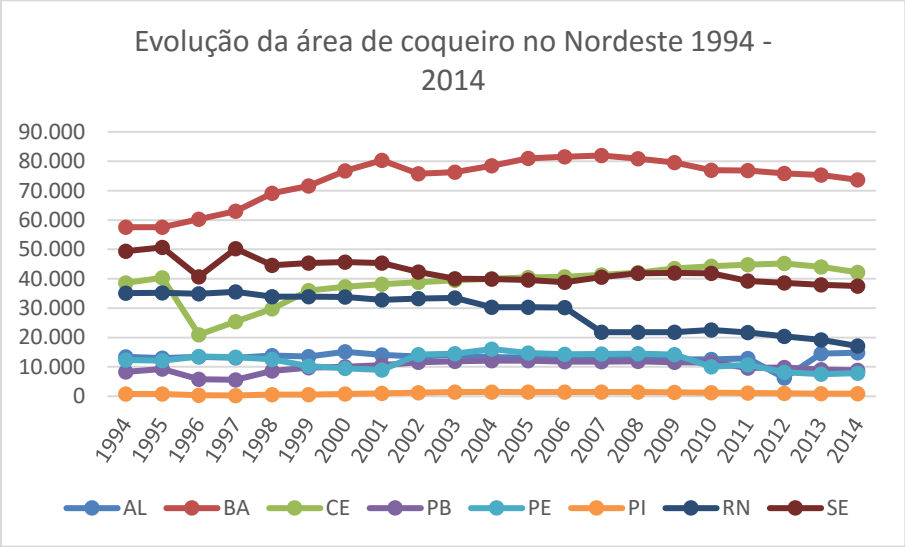


Figura 26. Evolução da área de coqueiro por estado 1994-2014.



O coqueiro é um cultivo perene, de longa vida, que pode constituir numa fonte de biomassa sustentável, de emissões muito baixas, e de longo prazo. Contudo, o uso da biomassa residual dessa cultura se confronta com vários desafios:

- é necessário desenvolver uma tecnologia de processamento que facilite a alimentação dos sistemas de queima nas industrias, já que buchas, folhas e espatas são muito volumosas porém de baixo peso individual;
- a densidade aparente destes resíduos é extremamente baixa (menos de 50 kg/m^3) fato que torna o seu transporte muito oneroso;
- dependendo de como e onde ocorra o processamento dos resíduos, e também da densidade final do produto obtido, os raios econômicos de transporte poderão ser maiores ou menores, definindo assim os mercados de destino dessa biomassa ;
- atualmente, o preço pago pelos resíduos de coco é muito baixo ou nulo, fato que não incentiva os agricultores para realizar sua colheita e armazenamento em sítios apropriados e não favorece o processamento;
- é necessário desenvolver uma cadeia produtiva com preços atrativos para cada um dos atores (coletor, intermediário, transportador, usuário final).

4.9. Biomassa de bambu

4.9.1. Disponibilidade

O bambu ocorre no Nordeste de duas maneiras:
- como plantios maciços, principalmente para atender a indústria de papel e celulose;
- como plantios em faixas como divisas de propriedades, seguidos de povoamentos de dispersão natural, que ocorre frequentemente no estado da Bahia.

Praticamente não existem estatísticas sobre as áreas de bambu, mesmo plantadas, o que torna as estimativas de disponibilidade muito difíceis.

Nos Estados de Pernambuco e Paraíba, o Grupo Joao Santos possui 12.000 hectares de plantios maciços de bambu[4], sendo que 1.000 ha em cada estado se localizam nas Reservas Legais e, portanto, não são explorados. São colhidas 5.000 ha com rendimento de 27 t/ha em Pernambuco e 18 t/ha na Paraíba. A produção é destinada à fabricação de celulose sendo que apenas 8% (rejeito) é utilizado como biomassa para energia nas próprias usinas de celulose.

Na região litoral Norte de Bahia existem áreas importantes de bambuzais originados por expansão de plantios lineares (divisas de propriedades). Estes são fontes de biomassa de importância local, porem não existem estatísticas sobre sua extensão ou produção. APNE realizara uma pesquisa especifica o respeito.

4.9.2. Propriedades físicas e térmicas

Não foram encontradas ainda informações detalhadas sobre estas propriedades.

4.9.3. Usos

Os usos atuais do bambu de povoamentos espontâneos são dois: material para construções rusticas e combustível para cerâmicas.

[4] Informação fornecido pelo Sr. German Hugo do Grupo João Santos (Goiâna/PE)

5. Conclusões preliminares

Um objetivo deste estudo é identificar as fontes de biomassa atuais e potenciais, com usos finais energéticos e não energéticos, que possam atender as demandas regionais de modo que possam ser integradas na estratégia de uso sustentável das terras.

Como resultado desta avaliação inicial das ofertas potenciais de biomassa fica bastante claro, como primeira conclusão, que a maior fonte de biomassa na Região Nordeste é a vegetação nativa da caatinga, com um potencial de 22,3 M tMS/a, que representa 74% do potencial total regional, como mostrado na Tabela 27.

Tabela 27. Resumo das disponibilidades de biomassa na região Nordeste.

Fonte	Área	IMA tMS/ha/a	Fator de Acesso	Fator de Colheita	Fator de Uso Energético	Biomassa Total	Biomassa Energética	Biomassa Não Energética
	10^6 ha					10^6 tMS/a	10^6 tMS/a	10^6 tMS/a
Caatinga	19,839	2,5	0,75	0,75	0,8	27,90	22,30	5,60
Eucalipto	0,677	18,9	1,00	0,95	0,2	12,20	2,40	9,80
Caju	0,609	3,7	1	0,9	1	2,00	2,00	0,00
Cana-de-açúcar	1,147	7,9	0,3	0,7	1	1,90	1,90	0,00
PMFS na caatinga	0,394	2,67	1	0,75	0,8	0,79	0,63	0,16
Outras frutíferas	0,201	1,8	1	0,9	1	0,33	0,33	0,00
Coco	0,203	Variável	0,46 a 1	0,5 a 0,8	0,8 a 1	0,44	0,39	0,05
Algaroba	0,098	4,6	0,82	1	0,9	0,37	0,33	0,04
TOTAL GERAL Nordeste	**23,168**					**45,92**	**30,28**	**15,65**

Em um segundo nível existem três fontes com potenciais em torno de 2 milhões de tMS/a para cada uma delas: Eucalipto, Cajú e Cana-de-açúcar. Estas três fontes têm características bastante diversas em termos de uso atual e sustentabilidade:

a) O Eucalipto é uma fonte de biomassa lenhosa cultivada, bem estabelecida no litoral úmido – especialmente no Estado de Bahia. Sua área plantada tem crescido pouco nos últimos dez anos, porém, é de alta produtividade. É uma fonte altamente sustentável e com mínimo impacto na desertificação. Porém, seu uso principal é para produção de madeira de serraria e celulose; só os toretes, ponteiros e resíduos das serrarias estão disponíveis para energia, devido aos altos preços

oferecidos pela madeira de diâmetros grandes e médios. Quase todo o potencial de eucalipto para energia já está sendo utilizado atualmente no litoral de Bahia e Sergipe[5].

b) O caju gigante é um cultivo em recessão, que está sendo abandonado ou substituído por caju anão. A poda de caju anão fornece pequenas quantidades de biomassa lenhosa de diâmetros exíguos (2 a 5 cm) e praticamente não pode contribuir para o fornecimento de energia. A poda do caju gigante é uma atividade quase inexistente na atualidade; o que ocorre na realidade é a derrubada de arvores velhas ou improdutivas. Porém, esta forma de obtenção de lenha não é sustentável, porque destrói as árvores de onde a biomassa é obtida. Logo, estima-se que no lapso de 10 a 15 anos os plantios de cajueiro gigante desaparecerão como fonte de biomassa. De fato, seu uso atual representa uma diminuição dos estoques de carbono na vegetação e gera emissões líquidas de CO_2.

c) A cana-de-açúcar tem grande potencial para fornecer biomassa energética não lenhosa, a partir das pontas e folhas residuais da colheita mecanizada ("palha da cana"). Esta possibilidade poderá se concretar no futuro dependendo do avanço da colheita mecânica e do desenvolvimento de tecnologias e processos para a colheita, a compactação e o uso final da palha da cana como combustível.

Em terceiro lugar, existem quatro fontes com potencial menor a 1,0 milhão de tMS/a. Estas são: PMFS na caatinga; Outras frutíferas; Coco; e Algaroba. As quatro fontes já estão sendo utilizadas, e têm características marcadamente diferentes:

- os PMFS de caatinga, com uma trajetória de área e de produção crescentes no tempo, são altamente sustentáveis e estão amplamente distribuídos, facilitando a logística de fornecimento a muitos consumidores no interior do Nordeste. Seus produtos principais e secundários, tanto os madeiráveis quanto não madeiráveis, são bem aceitos e necessários na região. Os PMFS fazem uma contribuição muito positiva à conservação da cobertura florestal na caatinga, garantindo as Reservas Legais e as Áreas de Preservação Permanente nas propriedades rurais onde estão localizados. Sua limitação principal atual é uma taxa de expansão relativamente baixa, negativamente afetada por entraves burocráticos.

- os plantios de coqueiro são uma fonte bastante estável e continua de biomassa residual (buchas, folhas, espatas e pedúnculos). Estão muito concentrados no litoral do Nordeste e esta biomassa tem altos custos de transporte e de uso final, por sua densidade muito baixa e colheita trabalhosa.

[5] Toretes de eucalipto do sudeste da Bahia já são utilizadas como combustível nas cerâmicas de Camaçarí, a 800 km de distância. Este fato sugere que o uso para combustível de biomassa de alta qualidade pode ser viável, até com altos custos de transporte.

- os plantios de Outras frutíferas estão mais espalhados na região Nordeste e podem fornecer biomassa lenhosa, com alta sustentabilidade e de boa qualidade.

- os algarobais espontâneos ocorrem principalmente no sertão de PE, PB e RN. Produzem lenha de alta qualidade, que é muito procurada. Esta fonte tem pouco potencial de expansão futura em termos de área; já está sendo muito utilizada, e pode aumentar pouco sua contribuição atual ao fornecimento de biomassa.

Tendo em vista o panorama acima descrito, pode-se afirmar que a vegetação florestal do bioma caatinga, atualmente, e ainda por muito tempo, continuará sendo a fonte principal de biomassa energética no Nordeste.

De outro lado e considerando a possibilidade de substituir uma fonte de biomassa por outras, resulta interessante analisar os preços praticados no mercado de lenha. Uma pesquisa recente (APNE, 2015) encontrou que os valores de distintas biomassas são bastante similares quando expressos em R$/tMS, como demostrado na Tabela 28.

Tabela 28. Preços pagos pela biomassa energética, 2014.

Biomassa	PV (kg/st)	PS (kg/st)	Preço por unidade tradicional (R$/st)	Preço relativo à lenha de caatinga (R$/st)	Preço por tonelada (R$/tMV)	Preço por matéria seca (R$/tMS)	Preço relativo à lenha de caatinga
Algaroba	410	267	**50,13**	*132%*	122,26	**187,73**	*110%*
Caatinga	328	223	**38,00**	*100%*	115,85	**170,40**	*100%*
Caju	380	213	**29,80**	*78%*	78,42	**139,91**	*82%*
Eucalipto	600	350	**70,00**	*184%*	116,67	**200,00**	*117%*

A similaridade dos preços pagos por unidade de matéria seca destas biomassas, bastante diferentes ao longo de uma região tão grande, sugere que diferentes formas de biomassa são substituíveis no mercado. Contudo, o custo final da biomassa para os usuários resulta fortemente dependente da distância do transporte, ou em outros termos da distância entre a fonte e o destino final da biomassa.

Logo, a integração de um mercado regional de biomassa para energia – e a participação de cada uma das fontes de biomassa nesse mercado - vai ser fortemente influenciada pelos custos da logística. Assim, outra conclusão deste estudo é que os aspectos relativos à logística e seus custos devem receber particular atenção no momento de realizar a avaliação das demandas de biomassa.

Anexo I. Fontes de dados sobre cobertura de vegetação lenhosa e uso do solo.

1.1 RADAMBRASIL, 1984

A Tabela A1 apresenta os resultados do mapeamento realizado pelo Projeto Radambrasil, em 1984,

Tabela A1. Áreas de cobertura vegetal original e remanescente em 1984 no NE.

Formação vegetal	Cobertura original		Cobertura remanescente		Área antropizada	
	10^3 km^2	%	10^3 km^2	%	10^3 km^2	%
Savana (cerrado)	319	21,6	303	94,8	16	5,2
Estepe (caatinga)	566	36,6	385	68,0	181	31,9
Ombrófila densa	112	7,2	28	25,0	84	75,0
Ombrófila aberta	13	0,8	0	0,0	13	100,0
Estacional semidecidual	81	5,2	3	3,7	78	96,3
Estacional decidual	108	7,0	28	26,1	80	73,9
Formação pioneira	33	2,1	31	94,4	2	5,6
Tensão ecológica	304	19,7	225	74,1	79	25,9
Outros	6	0,4	6	100,0	0	0,0
Total NE	**1.542**	**100,0**	**1.009**	**65,1**	**533**	**34,4**

Por sua vez, a Tabela A2 apresenta os resultados da atualização realizada do mapeamento do Radam (*Atualização do antropismo da região Nordeste IBGE/SUDENE/IBAMA, 1990*),

Tabela A2. Áreas totais dos estados nordestinos e das coberturas remanescentes de vegetação nativa.

Estado	Total	Vegetação remanescente		Área antropizada	
	10^3 km^2	10^3 km^2	%	10^3 km^2	%
Maranhão	329	192	58	136	42
Piauí	251	142	57	109	43
Ceará	148	24	16	124	84
Rio Grande do Norte	53	23	43	30	57
Paraíba	56	19	33	38	67
Pernambuco	98	47	48	51	52
Alagoas	28	5	19	22	81
Sergipe	22	8	38	14	62
Bahia	561	267	48	295	52
Total	**1.546**	**727**	**47**	**819**	**53**

1.2 PROJETO PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007

O Projeto PNUD/FAO atuou em quatro estados do Nordeste: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. As Tabelas A3, A4, A5 e A6 apresentam o resultado dos mapeamentos realizados nesses estados (a partir de imagens Landsat entre os anos 1989-1990).

Tabela A3. Uso e cobertura do solo no estado de Pernambuco (Projeto PNUD/FAO).

Elemento mapeado	Litoral – Mata (1,423,895 ha)		Agreste (1,590,479 ha)		Sertão (6,813,726 ha)		Estado (9,828,100 ha)	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Vegetação arbustiva arbórea aberta	1.270	0,1	61.940	3,9	1.807.045	26,5	1.870.255	19,0
Vegetação arbustiva arbórea fechada	7.750	0,5	117.990	7,4	1.844.910	27,1	1.970.650	20,1
Vegetação arbórea fechada	51.170	3,6	75.900	4,8	609.015	8,9	736.085	7,5
Mangue	19.940	1,4	0	0,0	0	0,0	19.940	0,2
Brejos de altitude	0	0,0	26.790	1,7	34.170	0,5	60.960	0,6
Subtotal	**80.130**	**5,6**	**282.620**	**17,8**	**4.295.140**	**63,0**	**4.657.890**	**47,4**
Nuvens	191.870	13,5	33.830	2,1	0	0,0	225.700	2,3
Água	0	0,0	0	0,0	101.583	1,5	101.583	1,0
Afloramento rochoso	1.030	0,1	5.710	0,4	18.555	0,3	25.295	0,3
Antropismo	1.150.865	80,8	1.268.319	79,7	2.398.448	35,2	4.817.632	49,0

Tabela A4. Uso e cobertura do solo no estado do Rio Grande do Norte (Projeto PNUD/FAO).

Microrregião	Área total (ha)	Vegetação nativa lenhosa			Total	
		Vegetação arbustiva arbórea aberta (ha)	Vegetação arbustiva arbórea fechada (ha)	Vegetação arbórea fechada (ha)	Área (ha)	%
Salineira	633.400	13.321	161.047	139.899	314.267	49,6
Litoral São Bento	211.300	5.288	71.135	30.527	106.950	50,6
Açu e Apodi	982.900	231.363	292.005	82.699	606.067	61,7
Sertão de Angicos	425.600	120.530	140.802	25.496	286.828	67,4
Serra Verde	438.200	22.243	203.528	14.462	240.233	54,8
Natal	399.600	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s,d,
Serrana	512.000	115.695	130.108	28.430	274.233	53,6
Seridó	937.200	120.064	420.242	129.757	670.063	71,5
Borborema	410.400	9.995	155.332	31.057	196.384	47,9
Agreste	350.900	0	69.509	1.936	71.445	20,4
Total	**5.301.500**	**638.499**	**1.643.708**	**484.263**	**2.766.470**	**52,2**
		23%	59%	7,5%		

Tabela A5.Uso e cobertura do solo no estado da Paraíba (Projeto PNUD/FAO).

Elemento mapeado	Sertão (2.246.500 ha)	Borborema (1.587.000 ha)	Agreste (1.270.800 ha)	TOTAL (5.104.300 ha)
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)
Vegetação arbustiva arbórea aberta	425.450	475.562	168.340	1.066.352
Vegetação arbustiva arbórea fechada	189.090	294.743	104.680	588.513
Vegetação arbórea fechada	38.240	100.280	23.330	163.850
Transição	0	0	17.050	17.050
Subtotal	**654.780**	**867.585**	**313.400**	**1.835.765**
	29,15%	54,67%	24,66%	
Antropismo	70,85%	45,33%	75,34%	

Tabela A6. Uso e cobertura do solo no estado do Ceará (Projeto PNUD/FAO)

Elemento mapeado	Área (ha)	%
Vegetação arbustiva arbórea aberta	1.718.221	27%
Vegetação arbustiva arbórea fechada	1.832.107	29%
Vegetação arbórea fechada	2.094.044	33%
Mata úmida	105.544	2%
Cerrado	34.087	1%
Cerradão	27.760	0%
Carrasco	174.638	3%
Tabuleiro litorâneo arbustivo arbóreo aberto	11.246	0%
Tabuleiro litorâneo arbustivo arbóreo fechado	89.661	1%
Tabuleiro litorâneo arbóreo fechado	328.548	5%
Subtotal	**6.415.856**	**44%**
Antropismo	8.098.497	**55%**
Carnaúba	60.016	**0%**
Mangue	26.579	**0%**
Dunas	80.752	**1%**
Total	**14.681.700**	**100%**

SUDEMA – ATUALIZAÇÃO MAPEAMENTO DA PARAÍBA, 2004

Tabela A7. Coberturas de vegetação nativa na Paraíba – 2001. (Ano referência – 2001) (áreas em ha)

Elemento mapeado	Mata Paraibana	Agreste	Borborema	Sertão	Total	%
Mangue	13.590				13.590	0,24
Restinga	860				860	0,02
Cerrado	4.830				4.830	0,09
Mata Atlântica	36.020				36.020	0,64
Floresta Semidecídua	5.450	21.680			27.130	0,48
Brejo		6.680			6.680	0,12
Vegetação arbustiva arbórea aberta		258.970	474.360	464.680	1.198.010	21,23
Vegetação arbustiva arbórea fechada		138.180	368.170	250.332	756.682	13,41
Vegetação arbórea fechada		22.970	41.653	22.410	87.033	1,54
Total	**60.750**	**448.480**	**884.183**	**737.422**	**2.130.835**	**37,75**
%	1,1%	7,9%	15,7%	13,1%	37,7%	

MAPEAMENTO FLORESTAL DO ESTADO DE SERGIPE (2011)
SEMARH/SE – Fundação Araripe – Projeto GEF Caatinga

A Tabela A8 apresenta os resultados do mapeamento realizado no estado de Sergipe.

Tabela A8. Uso e cobertura do solo em Sergipe – 2011.

Classe	Área (ha)	%
Vegetação arbustiva arbórea aberta	35.272	1,61
Vegetação arbustiva arbórea fechada	45.965	2,10
Vegetação arbórea fechada	2.014	0,09
Cerrado	7.513	0,34
Contato (Regeneração)	28.337	1,29
Contato Arbóreo	77.991	3,56
Floresta Estacional (Regeneração)	10.524	0,48
Floresta Estacional Arbórea	25.946	1,18
Formações Pioneiras	29.605	1,35
Formações Pioneiras (Mangue)	22.548	1,03
Outros Usos	1.907.314	86,97
ÁREA TOTAL OFICIAL	**2.193.034**	**100,00**
TOTAL DE VEGETAÇÃO	**285.720**	**13,03**

MAPEAMENTO DO USO DO SOLO DO ESTADO DE PERNAMBUCO (2015)

Esse mapeamento foi realizado no quadro do Projeto **Impactos de mudanças climáticas sobre a cobertura e uso da terra em Pernambuco: geração e disponibilização de informações para o subsídio a políticas públicas** coordenado pela UFPE/DEN no período de 2011 – 2015.

Os resultados do mapeamento deverão ser disponibilizados em breve.

MAPEAMENTO DOS BIOMAS BRASILEIROS - PROBIO – 2002

O Probio promoveu o mapeamento dos remanescentes florestais em todos os biomas brasileiros. No caso do Bioma Caatinga, o mapeamento foi coordenado pela APNE/UEFS e foi realizado a partir de imagens Landsat – ano de referência 2002.

Os resultados obtidos para o Bioma, excluído a região norte de Minas e as faixas de contato com os Biomas Mata Atlântica e Cerrado, indicam uma área de cobertura vegetal da ordem de 518.635 Km^2, equivalendo a 62,69% de remanescentes. Esta estimativa inclui remanescentes de fitofisionomias de caatinga (Savana Estépica na classificação adotada – 35,9%), encraves mapeáveis de fitofisionomias de cerrado e de mata atlântica (8,43%), bem como as áreas de tensão ecológica (ecotonos e encraves não mapeáveis – 18%).

Tabela A9. Área por classe mapeada no bioma Caatinga.

CLASSE	Área (ha)	%
Antropismo		
Agropecuária	444.730,32	1%
Agropecuária + vegetação natural	28.951.114,90	35%
Corpos d´água	780.872,56	1%
Influência urbana	255.533,36	0%
Subtotal Antropismo	**30.432.251,14**	**37%**
Caatinga		
Savana-estépica arborizada (Ta)	11.020.768,10	13%
Savana-estépica florestada (Td)	2.510.809,63	3%
Contato Savana-estépica/Floresta Estacional (TN)	2.329.686,04	3%
Savana-estépica arborizada (Ta) + outras	17.423.265,32	21%
Savana-estépica florestada (Td) + outras	2.682.239,65	3%
Contato Savana-estépica/Floresta Estacional (TN) + outras	3.595.597,60	4%
Savana estépica parque (Tp)	12.290,48	0%
Savana estépica parque (Tp) + outras	1.035.320,24	1%
Outras tipologias de vegetação	11.546.160,62	14%
Subtotal Caatinga	**52.156.137,66**	**63%**
Total	**82.588.388,80**	**100%**

Fonte : Probio, 2007, Adaptado

ESTIMATIVA DE COBERTURA FLORESTAL PELO SFB

O Serviço Florestal Brasileiro lançou duas edições do "Florestas do Brasil em resumo": 2009 (ano referência 2008) e 2013 (ano referência 2011/2012). As estimativas de áreas são apresentadas na Tabela A10.

Tabela A10. Estimativas de áreas de florestas do SFB/MMA.

Ano de referência	2008	2011/2012
Área do bioma Caatinga (ha)	84.445.300	
Área de floresta (ha)	47.376.398	41.409.651
% de florestas remanescentes	56,1%	49,0%

MMA/IBAMA/CSR - MONITORAMENTO DOS BIOMAS BRASILEIROS

Essa iniciativa buscou estimar as áreas de remanescentes florestais nos biomas a partir do monitoramento do desmatamento. O mapa de referência foi o do Probio e apenas foram consideradas as mudanças do uso do solo nas manchas de vegetação nativa, ou seja, áreas de vegetação nativa que foram desmatadas. Não foi considerada a reocupação de áreas agrícolas ou de pastagem abandonadas por vegetação nativa.

Tabela A11. Áreas remanescentes de acordo com MMA/IBAMA/CSR.

	Até 2002 %	Até 2008 %	Até 2009 %
Áreas desmatadas	43,7	45,4	45,6
Vegetação remanescente	55,7	53,6	53,4
Corpos d´água	1	1	1

A partir dos resultados, concluiu-se que a taxa de desmatamento caiu de 0,28% ao ano no período de 2002 a 2008 para 0,23% ao ano entre 2008 e 2009.

INPE/CCST - Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação – SAP

Site: http://sap.ccst.inpe.br/

Essa iniciativa também disponibiliza mapas de uso e cobertura do solo para os anos 2000 e 2010. A Figura A1 apresenta o mapeamento para o ano de referência 2010 e a Tabela A12 os dados quantitativos.

Figura A1. Mapa de Uso do solo - SAP-INPE/CCST - ano 2010.

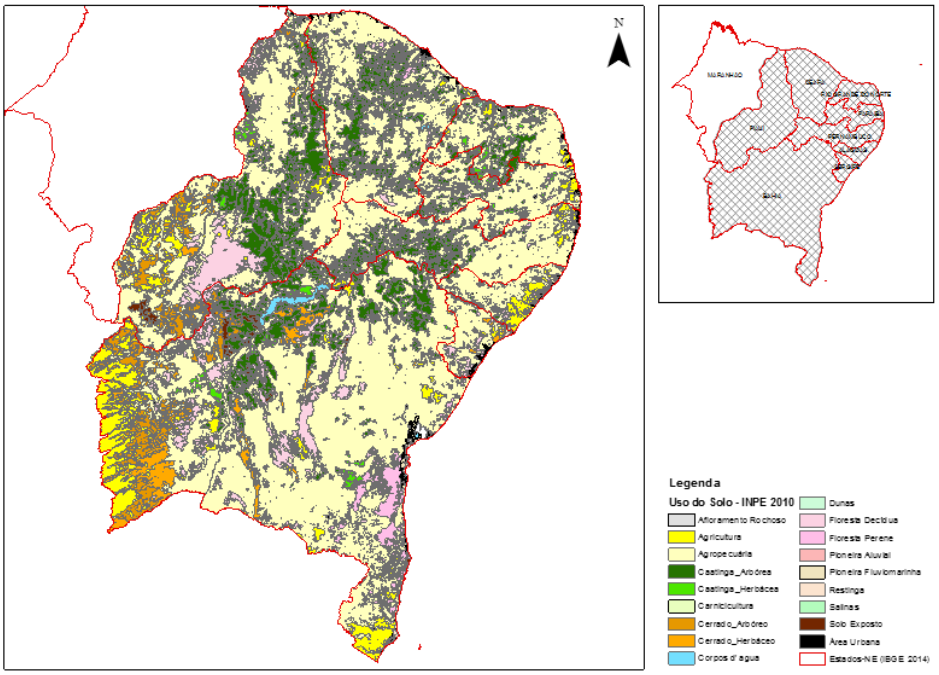
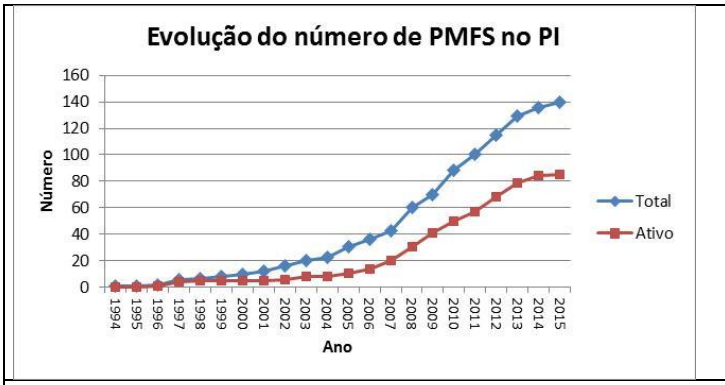
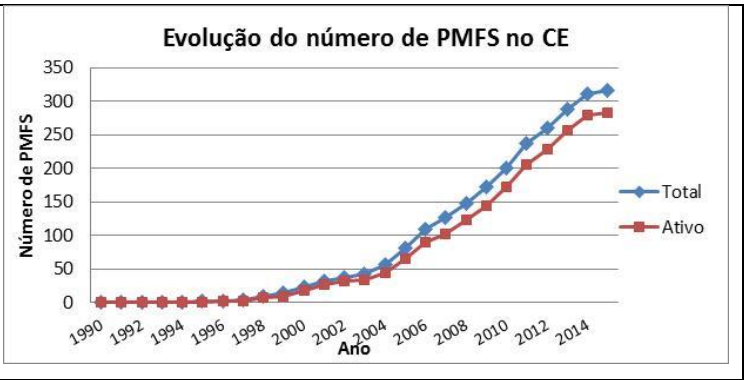


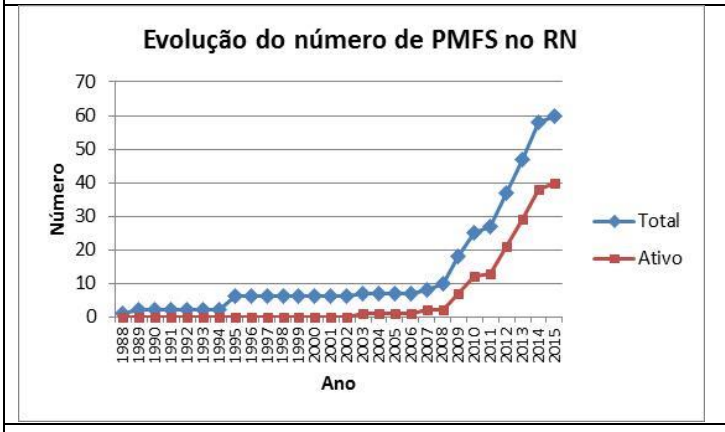
Tabela A12. Resultados de cobertura do solo de acordo com a SAP-INPE CCST (2010).

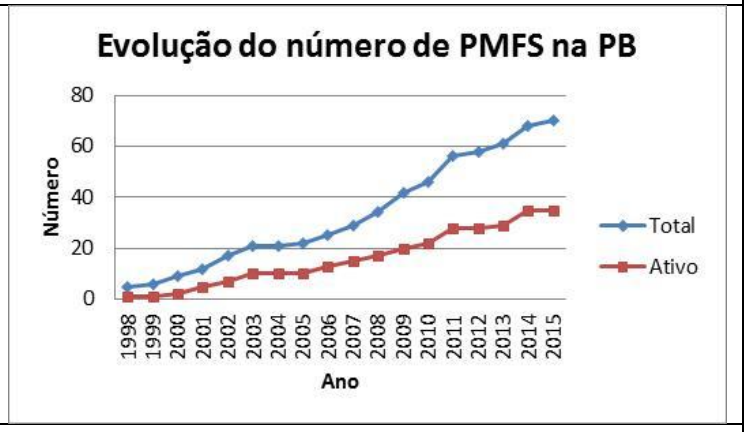
Uso da terra	Área (ha)	%
Agropecuária	74.510.991,47	60,88
Caatinga Arbórea	18.280.441,17	14,94
Agricultura	8.114.442,52	6,63
Floresta Decídua	7.249.202,54	5,92
Cerrado Arbóreo	4.963.376,46	4,06
Cerrado Herbáceo	2.757.149,38	2,25
Floresta Perene	2.246.729,35	1,84
Caatinga Herbácea	1.401.372,50	1,14
Corpos d' agua	1.108.894,67	0,91
Solo Exposto	670.576,08	0,55
Área Urbana	459.193,45	0,38
Pioneira Fluviomarinha	319.287,33	0,26
Dunas	130.112,30	0,11
Restinga	95.656,19	0,08
Salinas	37.012,34	0,03
Afloramento Rochoso	34.336,22	0,03
Carnicicultura	12.796,41	0,01
Pioneira Aluvial	3.199,10	0,00
Total Geral	**122.394.769,49**	**100,00**

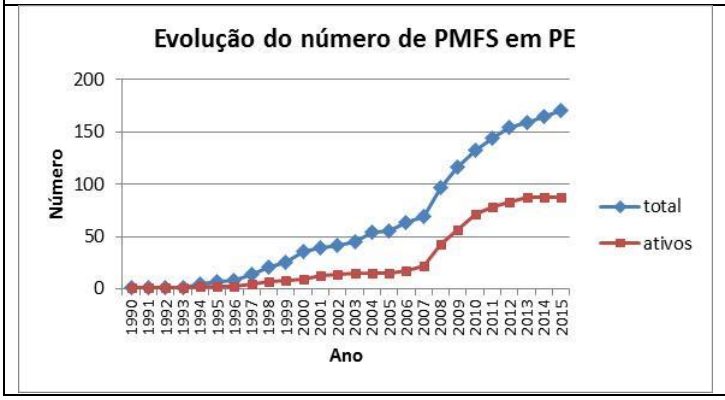
Anexo II. Evolução do número, área e volume autorizado de PMFS por estado do Nordeste.

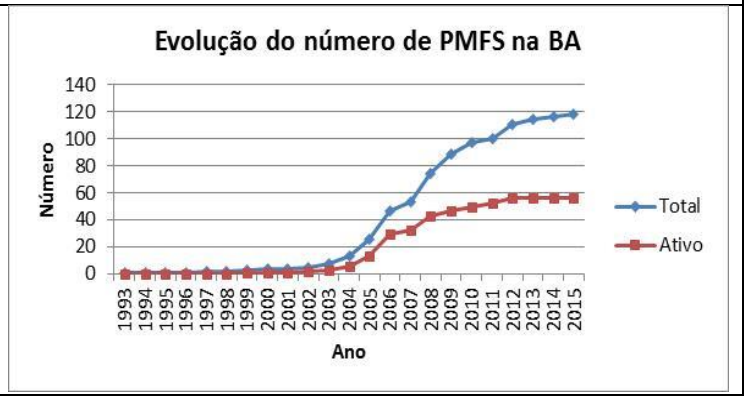


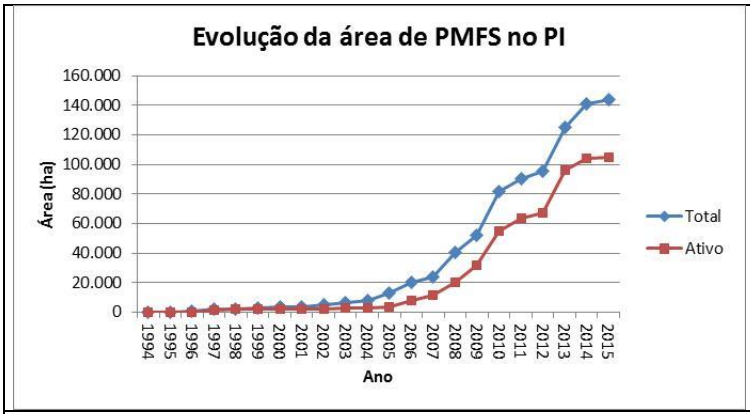


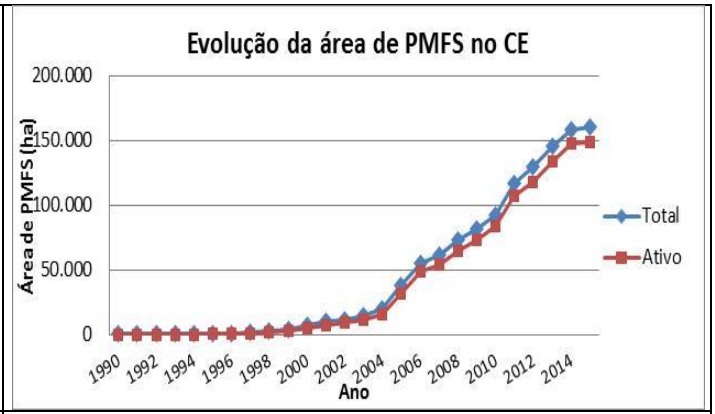


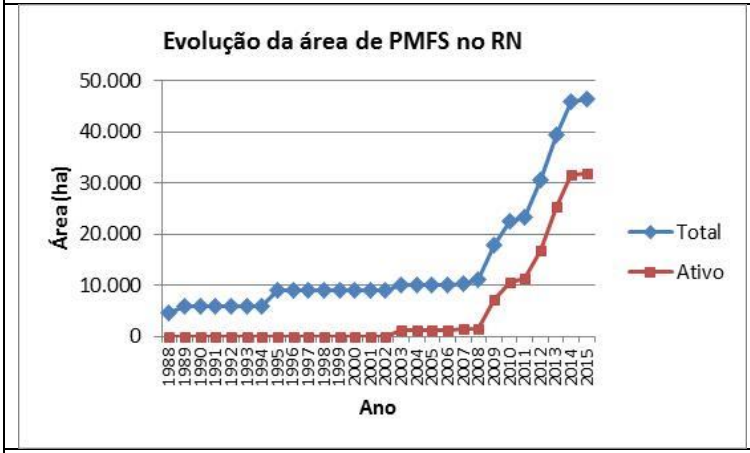


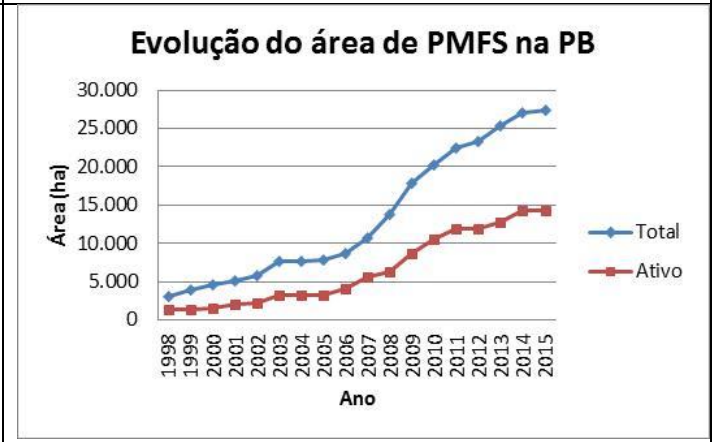


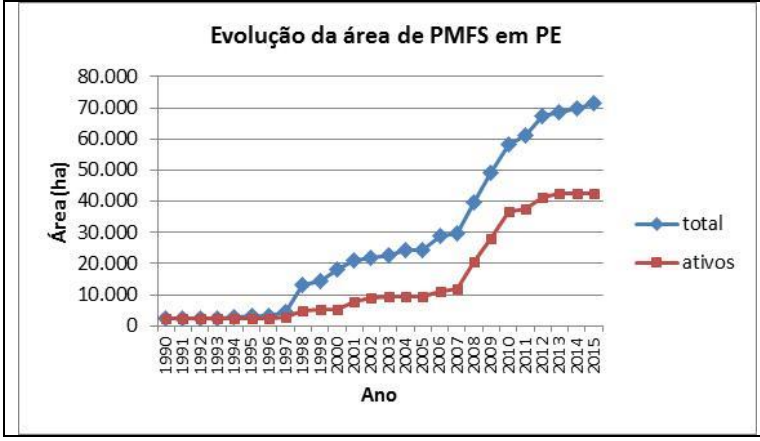


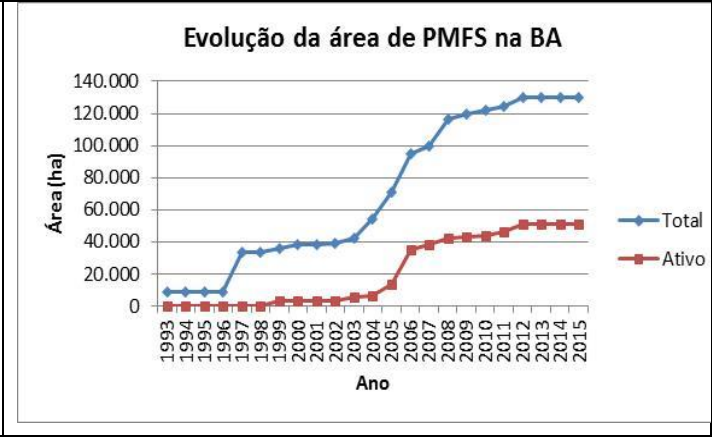

Evolução da área de PMFS no PI
Área (ha)
Ano
Total
Ativo

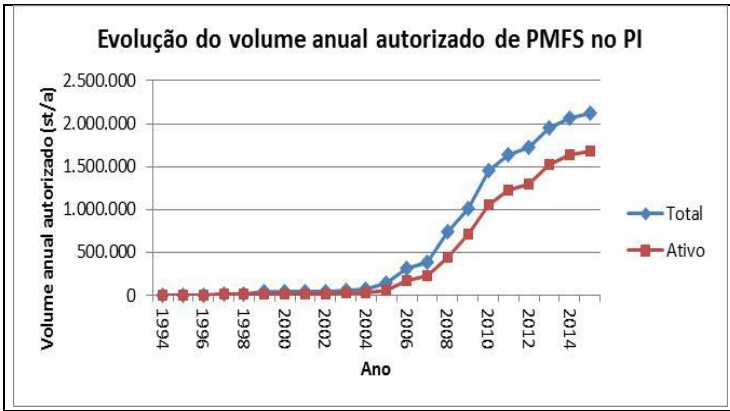

Evolução da área de PMFS no CE
Área de PMFS (ha)
Ano
Total
Ativo

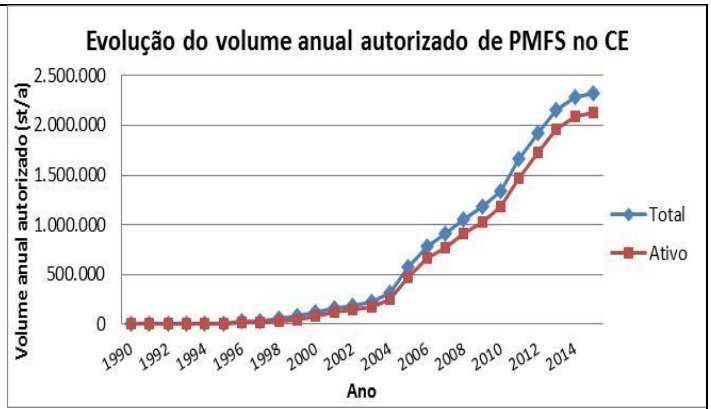

Evolução da área de PMFS no RN
Área (ha)
Ano
Total
Ativo

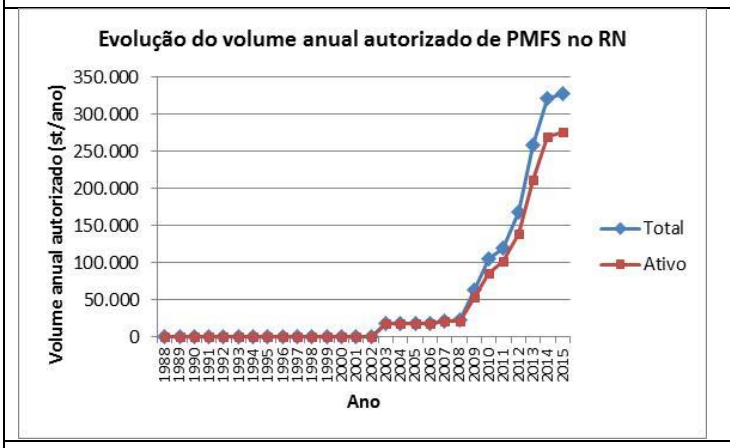

Evolução do área de PMFS na PB
Área (ha)
Ano
Total
Ativo

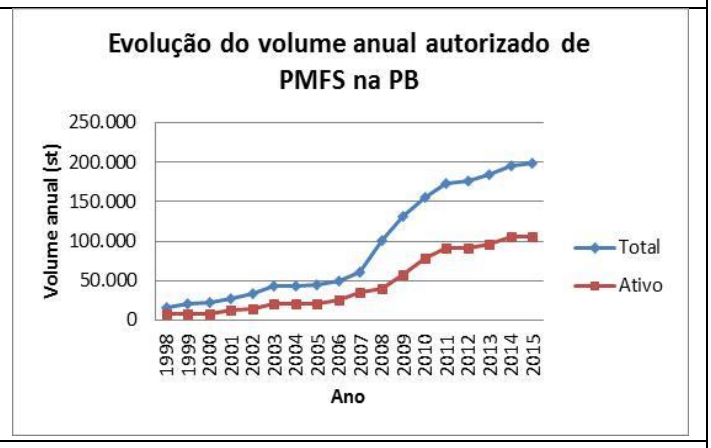

Evolução da área de PMFS em PE
Área (ha)
Ano
total
ativos

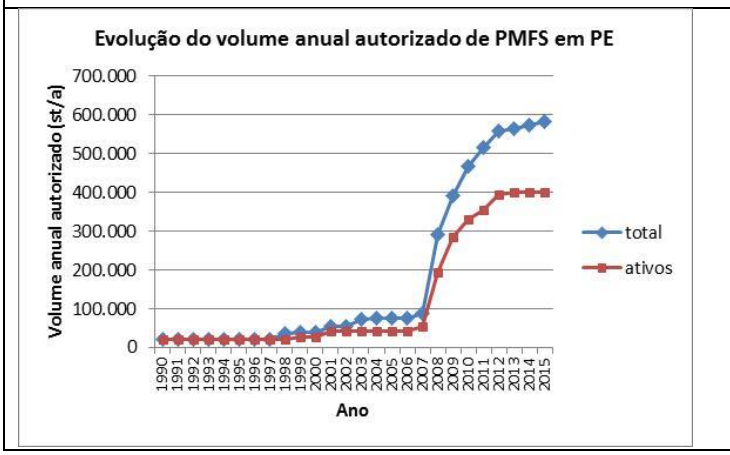

Evolução da área de PMFS na BA
Área (ha)
Ano
Total
Ativo

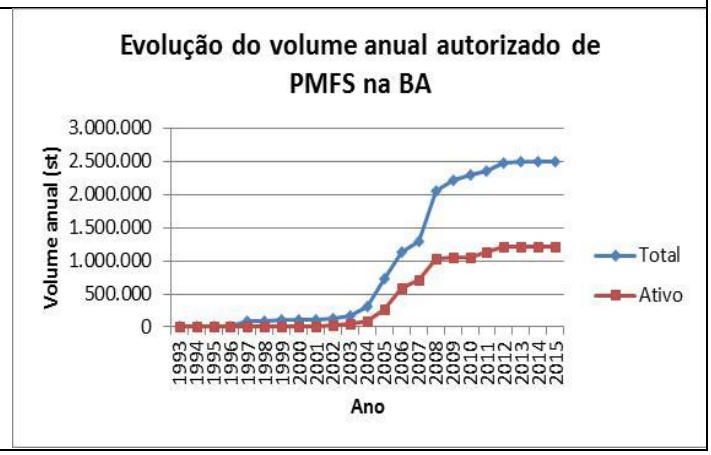

Evolução do volume anual autorizado de PMFS no PI
Volume anual autorizado (st/a)
2.500.000
2.000.000
1.500.000
1.000.000
500.000
0
1994
1996
1998
2000
2002
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Ano
Total
Ativo


Evolução do volume anual autorizado de PMFS no CE
Volume anual autorizado (st/a)
2.500.000
2.000.000
1.500.000
1.000.000
500.000
0
1990
1992
1994
1996
1998
2000
2002
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Ano
Total
Ativo


Evolução do volume anual autorizado de PMFS no RN
Volume anual autorizado (st/ano)
350.000
300.000
250.000
200.000
150.000
100.000
50.000
0
Ano
Total
Ativo


Evolução do volume anual autorizado de PMFS na PB
Volume anual (st)
250.000
200.000
150.000
100.000
50.000
0
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Ano
Total
Ativo


Evolução do volume anual autorizado de PMFS em PE
Volume anual autorizado (st/a)
700.000
600.000
500.000
400.000
300.000
200.000
100.000
0
Ano
total
ativos


Evolução do volume anual autorizado de PMFS na BA
Volume anual (st)
3.000.000
2.500.000
2.000.000
1.500.000
1.000.000
500.000
0
Ano
Total
Ativo