

BOLETIM AMBIENTAL

Questões ambientais:
uma análise sobre a energia
renovável e o desmatamento no
estado do Piauí

- 3 Apresentação
- 4 1 Geração de Energia Elétrica Renovável no Piauí
- 4 1.1 Notas metodológicas
- 5 1.2 Análise dos dados
- 5 1.3 Participação percentual da geração de energia elétrica renovável não convencional no Piauí
- 7 1.4 Contribuição do Piauí na geração de energia elétrica renovável não convencional, no Brasil e no Nordeste
- 11 1.5 Ponderações
- 11 2 Análise Espacial do Desmatamento no Piauí
- 12 2.1 Notas metodológicas
- 14 2.2 Percentual de área desmatada acumulada no Piauí, Nordeste e Brasil
- 16 2.3 Desmatamento por território de desenvolvimento
- 18 2.4 Ponderações
- 19 REFERÊNCIAS

Governador do Estado do Piauí

Rafael Tajra Fonteles

Secretaria de Estado do Planejamento

Washington Luís de Sousa Bonfim

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais e Planejamento Participativo (CEPRO)

Cíntia Bartz Machado

Diretoria de Estudos Sociais e Ambientais (DESA)

Liége de Souza Moura

Gerência de Estudos Ambientais (GEA)

Antonio Alberto Ibiapina Costa Filho

Equipe de Elaboração

Antonio Alberto Ibiapina Costa Filho

Francisco Robert Bandeira Gomes da Silva

João Carlos dos Santos Cardoso

Lucas Silva Brandão

Marcos Antonio Pinheiro Marques

Marcos Pereira da Silva

Maria do Socorro Nascimento

Setor de Publicações

Luciana Maura Sales de Sousa

Teresa Cristina Moura Araújo Nunes

Normalização

Adriana Melo Lima

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Adriana Melo Lima CRB – 13/842

Boletim Ambiental. Questões ambientais : uma análise sobre a energia renovável e o desmatamento no estado do Piauí [recurso eletrônico] / Superintendência CEPRO/SEPLAN – Teresina : CEPRO/SEPLAN, 2023.

22 p. il. Color. ; n. 1, v. 1.

1. Meio ambiente - Piauí 2. Desmatamento 3. Sustentabilidade
4. Energia renováveis I. Título.

CDU 504.11:662.997(812.2)

Contato

assessoria.cepro@seplan.pi.gov.br

APRESENTAÇÃO

Desde 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou a iniciativa dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visando orientar políticas públicas para resolver questões socioeconômicas e preservar os ecossistemas. O estado do Piauí estabeleceu conexões com a ONU por meio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), em 2016, com o objetivo de alcançar essas metas. Como resultado dessa colaboração, a Secretaria do Planejamento do estado do Piauí elaborou o Plano Piauí 2030.

O Plano Piauí 2030, alinhado aos ODS, foi dividido em quatro eixos, a saber: a) meio ambiente e mudanças climáticas; b) trabalho, emprego e renda; c) infraestrutura; d) desigualdades. Em consonância com o eixo meio ambiente e mudanças climáticas, a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais e Planejamento Participativo CEPRO/SEPLAN viu a necessidade da realização de estudos de indicadores ambientais. No presente boletim, os temas em estudo versam sobre geração de energia renovável, indicando a evolução e o perfil atual da matriz energética do estado do Piauí e uma análise espacial do desmatamento, demonstrando o comportamento dessas práticas.

As análises convergem com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável de número 15, que visa promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento global e com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável de número 7 que visa assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível a energia para todos.

1 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL NO PIAUÍ

A promoção da adoção de fontes de energia limpa e renovável surge como uma das principais formas de alcançar a sustentabilidade, desempenhando um papel central na mitigação das mudanças climáticas, no acesso à energia limpa e acessível, na geração de empregos sustentáveis e no estímulo ao desenvolvimento econômico.

Todos os processos de desenvolvimento causam impactos ao meio ambiente, porém, para mitigar esses impactos, a concessão de licenças de instalação é condicionada à realização de Estudo de Impactos Ambientais (EIA) e Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), apresentados pelo empreendedor à comunidade afetada. Além disso, a instalação de usinas solares e eólicas está sujeita à fiscalização dos órgãos ambientais competentes, visando minimizar seus impactos ambientais e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas.

Sob uma perspectiva ambiental, a instalação de empreendimentos de usinas solares e eólicas implica na supressão da vegetação nativa da área afetada, pressão sobre os recursos hídricos, alteração da paisagem, poluição sonora, afugentamento de animais nativos da região, risco de colisão de aves e morcegos com aerogeradores, entre outras (Marques, 2019).

No âmbito socioeconômico, a construção dos parques eólicos e solares traz uma série de impactos positivos, tais como melhorias na infraestrutura das vias de acesso, tanto externas (rodovias estaduais) quanto internas, destinadas à circulação de máquinas, como guindastes, caminhões, carros utilitários e componentes dos aerogeradores; aumento da disponibilidade de energia. Esse tipo de empreendimento proporciona um aumento significativo na oferta de empregos na região e o incremento na arrecadação de tributos relacionados à sua cadeia produtiva (Marques, 2019).

Além disso, a implementação de usinas de energia renovável não convencional também traz um impacto positivo sob o PIB estadual, territorial e municipal. Isso é evidenciado pela terceira maior variação positiva do PIB no Território de Desenvolvimento Chapada Vale do Itaim, onde a produção de energia renovável a partir da fonte eólica tem se desenvolvido, com destaque para os municípios de Caldeirão Grande e Marcolândia. Nesse território, o PIB cresceu nominalmente 23,4%, aumentando sua participação no PIB estadual de 2,7% para 3,1% (CEPRO, 2023).

O objetivo deste estudo é realizar uma análise quantitativa da contribuição das fontes de energia renovável não convencional na geração de energia elétrica no estado do Piauí. O intuito é avaliar a participação dessas fontes em relação à matriz energética estadual, bem como comparar a geração de energia renovável não convencional entre os estados da Região Nordeste

e do Brasil como um todo. Essa análise permitirá identificar o papel desempenhado por essas fontes na matriz energética regional e nacional, fornecendo informações relevantes para o planejamento e desenvolvimento do setor energético piauiense.

1.1 Notas metodológicas

Neste boletim, a participação percentual das fontes de energias renováveis não convencionais na geração de eletricidade no estado do Piauí é calculada como a proporção da energia elétrica gerada a partir dessas fontes em relação à produção total de eletricidade no Estado durante o período de 2011 a 2022. Essa análise visa avaliar a contribuição específica das fontes de energia renovável não convencional para o suprimento energético do Estado ao longo desse período. Os dados, para essa análise, foram obtidos por meio do banco de informações público mantido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que oferece uma série histórica da geração de eletricidade por fonte desde 2011 até 2022, abrangendo todos os estados brasileiros e considerando usinas conectadas ao Sistema Interligado Nacional de Energia Elétrica.

De acordo com a EPE, as principais fontes de energia elétrica no Piauí são as usinas hidrelétricas, usinas eólicas, usinas solares e as usinas termelétricas (por meio da queima de biomassa). Para fins de análise, as três últimas fontes foram consideradas como fontes de energia elétrica renovável não convencional.

O cálculo da participação percentual foi realizado para cada ano dentro do período especificado. As fontes de energia renovável não convencional consideradas, nesta análise, abrangem quatro categorias: Eólica, Solar, Biocombustíveis e Biomassa. O somatório da energia elétrica produzida por essas fontes, medida em gigawatts-hora (GWh) foi dividido pela produção total de energia elétrica no Estado e multiplicou-se o resultado por 100 para expressá-lo em termos percentuais.

É importante ressaltar que, mesmo tendo iniciado em 2009, dois períodos foram marcos importantes para a geração de energia elétrica de matriz não convencional no Piauí. O primeiro foi em 2014, caracterizado pela instalação e expansão dos parques eólicos no semiárido piauiense, aumentando substancialmente a participação da energia eólica na matriz energética do Estado. Até então, a geração desse tipo de energia acontecia somente no litoral do Piauí, com usinas que possuíam tecnologia inferior às instaladas no Semiárido (Marques, 2019). O segundo foi em 2017, quando iniciou a operação dos parques solares do Piauí. Portanto, os anos de 2011 (início da série histórica), 2014, 2017 e 2022 (fim da série histórica) serviram de

referência para a análise dos dados. Adicionalmente, foi desenvolvido um *ranking* que classifica os estados que mais geraram energia elétrica a partir de fontes renováveis não convencionais nos anos de 2011, 2014, 2017 e 2022.

1.2 Análise dos dados

Esta seção tem como objetivo realizar uma análise dos dados referentes às fontes de energia elétrica renovável não convencional com foco na participação no estado do Piauí, bem como na participação da produção energética do Estado em comparação com os demais da Região Nordeste e do Brasil como um todo. Essa análise permitirá avaliar o papel desempenhado pelas energias renováveis não convencionais no contexto estadual, regional e nacional, fornecendo *insights* relevantes para o setor energético.

1.3 Participação percentual da geração de energia elétrica renovável não convencional no Piauí

A partir dos dados obtidos da Empresa de Pesquisa Energética (2023), foi elaborada a tabela a seguir que contém o resultado dos cálculos realizados para análise da participação das fontes energéticas renováveis na geração de energia elétrica no Piauí.

Tabela 1 - Participação das Fontes Energéticas Renováveis na Geração de Energia Elétrica no Piauí (%)

Ano	Eólica	Solar	Biomassa	Hidrelétrica	Total de Energia Renovável Gerada
2011	6,59	-	3,97	89,40	99,96
2012	9,86	-	3,71	79,13	92,70
2013	8,68	-	4,02	72,44	85,14
2014	28,18	-	2,99	58,89	90,06
2015	62,19	-	2,00	34,75	98,94
2016	86,56	-	0,78	12,63	99,97
2017	87,08	3,36	0,53	9,00	99,97
2018	80,98	9,59	0,83	8,58	99,98
2019	83,58	8,94	0,77	6,70	99,99
2020	77,75	15,03	0,75	6,46	99,99
2021	77,43	17,18	0,47	4,91	99,99
2022	75,52	19,94	0,35	4,18	99,99

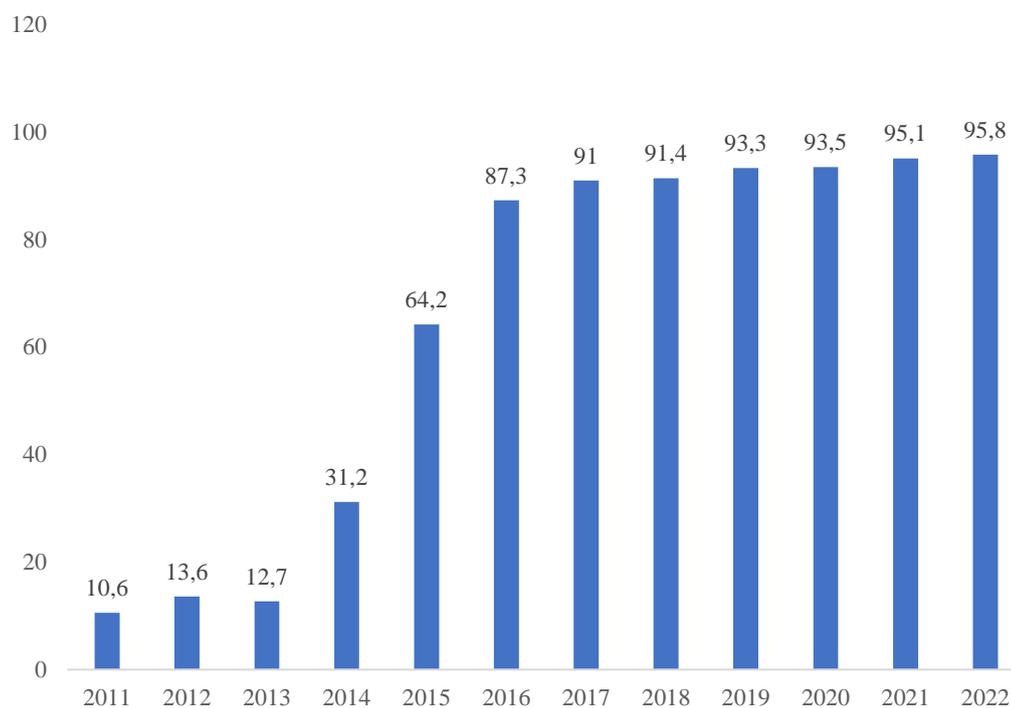
Fonte: EPE (2023). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

As informações da Tabela 1 indicam um aumento expressivo na participação das fontes de energia renovável não convencional na matriz energética do Estado. A energia eólica teve um aumento considerável, passando de 6,59% no início da série para 87,08%, em 2017,

(máxima histórica) e 77,43% em 2021. Já a energia solar também apresentou um crescimento expressivo, indo de 3,36% em 2017 para 19,94% em 2022, representando um aumento de 16,58 pontos percentuais. Ainda, conforme os dados da Tabela 1, a energia proveniente da biomassa teve uma redução ao longo da série, diminuindo de 3,97%, no início, para 0,35% em 2022. Essa diminuição pode ser atribuída ao aumento da participação das fontes eólica e solar.

Os dados evidenciam uma mudança significativa no perfil das fontes de energia elétrica no estado do Piauí. A Usina Hidrelétrica de Boa Esperança, localizada em Guadalupe-PI, que representava 89,40% da produção de energia elétrica, em 2011, teve sua participação reduzida para 4,18% em 2022. Com base nos dados da Tabela 1, pode-se inferir que aproximadamente 95,8% da eletricidade produzida no Estado, em 2022, é proveniente de fontes de energia renovável não convencional, enquanto 4,18% é gerada a partir de fontes renováveis convencionais. O Gráfico 1 ilustra a evolução da energia renovável não convencional no Piauí.

Gráfico 1- Participação das Fontes Energéticas de Matriz não Convencional na Geração de Energia Elétrica no Piauí (2011-2022)



Fonte: EPE (2023). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

A partir do Gráfico 1, pode-se observar a tendência de crescimento contínuo da energia renovável não convencional no estado do Piauí ao longo do período analisado. A representação visual evidencia o aumento significativo da participação dessas fontes na matriz energética, corroborando os dados apresentados na Tabela 1. Essa evolução positiva reflete os esforços e

investimentos realizados no setor de energia renovável no Estado, contribuindo para a redução da dependência de fontes convencionais e para a transição para um sistema energético mais sustentável.

A análise da produção de energia renovável não convencional no estado do Piauí, apresentada nesta seção, permite compreender a relevância dessas fontes para a matriz energética estadual. Nesse sentido, torna-se importante analisar o comportamento da produção de energia renovável não convencional do Piauí com a de outros estados nordestinos, região em que o Piauí está localizado, e com os demais estados brasileiros, a fim de avaliar o seu desempenho em relação ao restante do País. Tal análise será realizada na próxima seção, fornecendo uma visão mais ampla do cenário energético piauiense em relação aos cenários regionais e nacionais.

1.4 Contribuição do Piauí na geração de energia elétrica renovável não convencional, no Brasil e no Nordeste

No Brasil:

Na seção anterior, foi demonstrada a participação percentual da geração de energia elétrica renovável não convencional no Piauí. A análise dos dados revelou um crescimento significativo na participação das fontes de energia renovável não convencional na matriz energética do Estado. Tanto a energia de matriz eólica quanto a solar apresentou um crescimento expressivo entre os anos de 2011 a 2022. Na presente seção, observou-se o comportamento da geração de energia renovável não convencional do Piauí em relação ao cenário nacional e aos estados da Região Nordeste.

A comparação da produção de energia renovável não convencional do estado do Piauí com outros estados nordestinos e com o restante do Brasil é relevante para avaliar o desempenho e o aproveitamento do potencial regional de geração de energia renovável. O Nordeste brasileiro apresenta condições climáticas favoráveis, como ventos fortes e alta irradiação solar, que tornam a região propícia para o desenvolvimento dessas fontes de energia. Comparar a produção do Piauí com outros estados da região e com o restante do País permite identificar possíveis diferenças de eficiência e oportunidades de melhoria. Essa análise proporciona uma visão mais abrangente do posicionamento do Piauí no cenário energético nacional, permitindo identificar tendências e direcionar estratégias para promover um sistema energético mais sustentável e menos dependente de fontes fósseis.

Tabela 2 – Quantidade (GWh) e Porcentagem de Energia Renovável não Convencional Produzida pelos Estados Brasileiros (2011-2022)

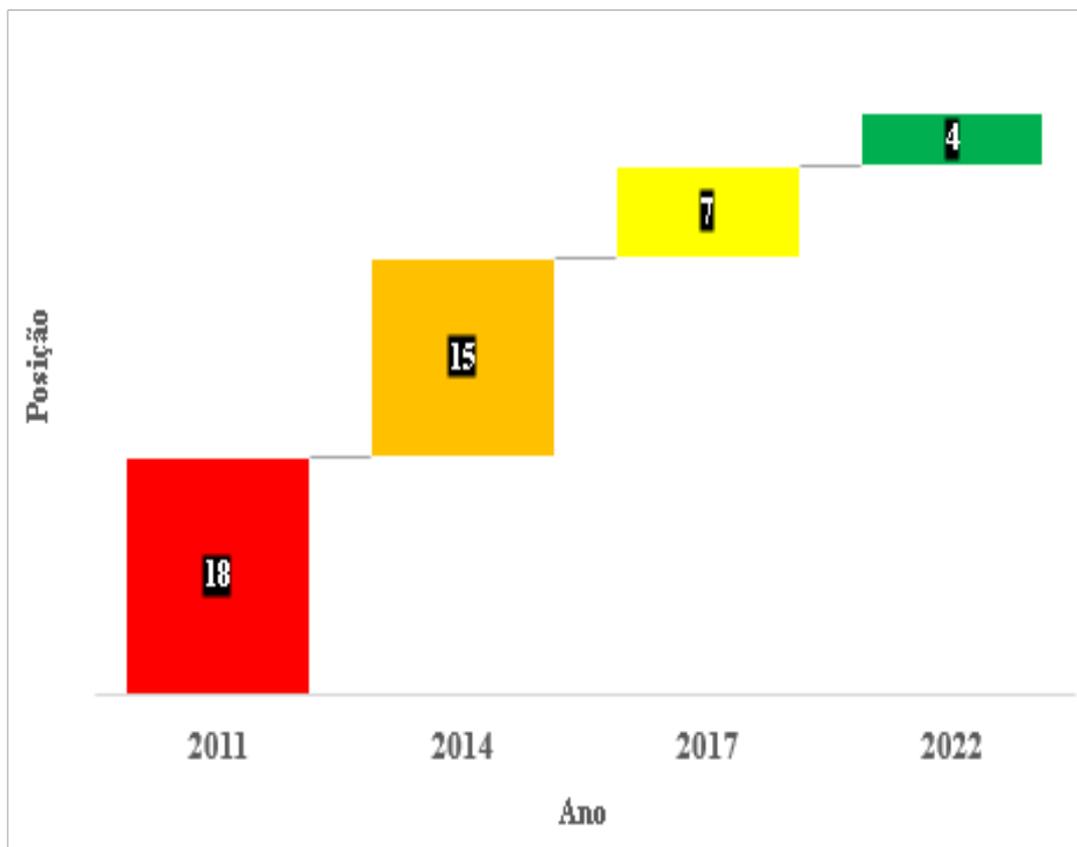
Estados Brasileiros	2011		2014		2017		2022	
	Energia Gerada	%	Energia Gerada	%	Energia Gerada	%	Energia Gerada	%
Acre	1,35	0,01	0	0	0,06	0	42	0,03
Alagoas	770,84	3,02	888,43	1,92	730,7	0,9	981,39	0,67
Amapá	0	0	0	0	5,8	0,01	27,3	0,02
Amazonas	2,08	0,01	36,96	0,08	12,66	0,02	96,89	0,07
Bahia	207,2	0,81	2.170,37	4,7	8.965,25	11,1	29.459,24	20,07
Ceará	1.340,39	5,25	3.791,76	8,21	5.375,77	6,66	9.648,33	6,57
Distrito Federal	0	0	0,07	0	4,79	0,01	244,09	0,17
Espírito Santo	85,1	0,33	77,47	0,17	75,8	0,09	541,33	0,37
Goiás	2.082,89	8,15	3.497,75	7,57	3.985,61	4,94	4.303,18	2,93
Maranhão	103,61	0,41	176,6	0,38	807,24	1	2.159,48	1,47
Mato G. do Sul	1.320,84	5,17	2.716,51	5,88	3.460,87	4,29	3.763,44	2,56
Mato Grosso	221,86	0,87	680,47	1,47	617,17	0,76	1.688,71	1,15
Minas Gerais	2.841,95	11,12	4.049,88	8,77	5.449,65	6,75	10.056,53	6,85
Pará	38,37	0,15	37,59	0,08	26,48	0,03	473,69	0,32
Paraíba	347,32	1,36	309,47	0,67	517,99	0,64	3.461,97	2,36
Paraná	1.319,66	5,17	1.540,06	3,33	1.596,76	1,98	3.304,36	2,25
Pernambuco	924,29	3,62	969,55	2,1	3.993,66	4,95	5.833,54	3,97
Piauí	78,35	0,31	308,7	0,67	5.050,59	6,25	14.068,20	9,58
Rio de Janeiro	121,66	0,48	226,79	0,49	884,34	1,1	1.770,68	1,21
Rio G. do Norte	488,8	1,91	3.934,84	8,52	13.865,42	17,17	25.071,85	17,08
Rio G. do Sul	778,88	3,05	1.888,32	4,09	5.996,29	7,43	7.525,01	5,13
Rondônia	0	0	16,05	0,03	16,03	0,02	200,27	0,14
Roraima	0	0	0	0	0	0	37,39	0,03
Santa Catarina	25,71	0,1	480,3	1,04	347,45	0,43	1.389,90	0,95
São Paulo	12.288,10	48,1	17.858,87	38,67	18.482,05	22,89	19.925,32	13,57
Sergipe	137,54	0,54	255,31	0,55	210,26	0,26	281,6	0,19
Tocantins	19,59	0,08	268,98	0,58	268,59	0,33	462,69	0,32
Brasil	25.546,36	100	46.181,11	100	80.747,26	100	146.818,38	100

Fonte: EPE (2023). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

A análise dos dados da Tabela 2 revela um crescimento significativo na produção de energia renovável não convencional pelo estado do Piauí ao longo dos anos. Em 2011, a contribuição do Piauí para a produção nacional nesse segmento era de apenas 0,31%. No entanto, ao longo da série histórica apresentada, observa-se um aumento expressivo na participação do Piauí em relação ao Brasil. Em 2022, essa contribuição atingiu 9,58%, indicando um avanço significativo.

Conforme observado na Tabela 2, houve um aumento notável na contribuição do estado do Piauí para a produção de energia elétrica renovável de matriz não convencional ao longo do período analisado. Essa constatação ressalta a importância de avaliar a posição do Piauí no *ranking* nacional da produção de energia renovável de matriz não convencional. O Gráfico 2 apresenta a evolução da posição do Piauí no *ranking* nacional no período de 2011 a 2022.

Gráfico 2- Evolução da Posição do Piauí na Produção de Energia Renovável de Matriz não Convencional no Cenário Nacional no Período de 2011 a 2022



Fonte: EPE (2023). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

Os dados apresentados no Gráfico 2 indicam uma evolução significativa na posição do Piauí em relação ao restante do Brasil na produção de energia renovável de matriz não convencional. Em 2011, o Piauí ocupava a 18ª posição no *ranking* nacional, enquanto em 2022, subiu para a 4ª posição, evidenciando um avanço expressivo.

Na Região Nordeste:

Conforme evidenciado na Tabela 2, a Região Nordeste apresenta uma produção significativa de energia elétrica renovável de matriz não convencional. Esse fato reflete a consolidação da região como importante produtora de energia limpa, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e impulsionando o desenvolvimento econômico regional. A Tabela 3 apresenta a produção de energia renovável de matriz não convencionais pelos estados nordestinos e sua respectiva porcentagem em relação à produção total da região.

Tabela 3 – Quantidade (GWh) e Porcentagem de Energia Renovável não Convencional Produzida pelos Estados Nordestinos (2011-2022)

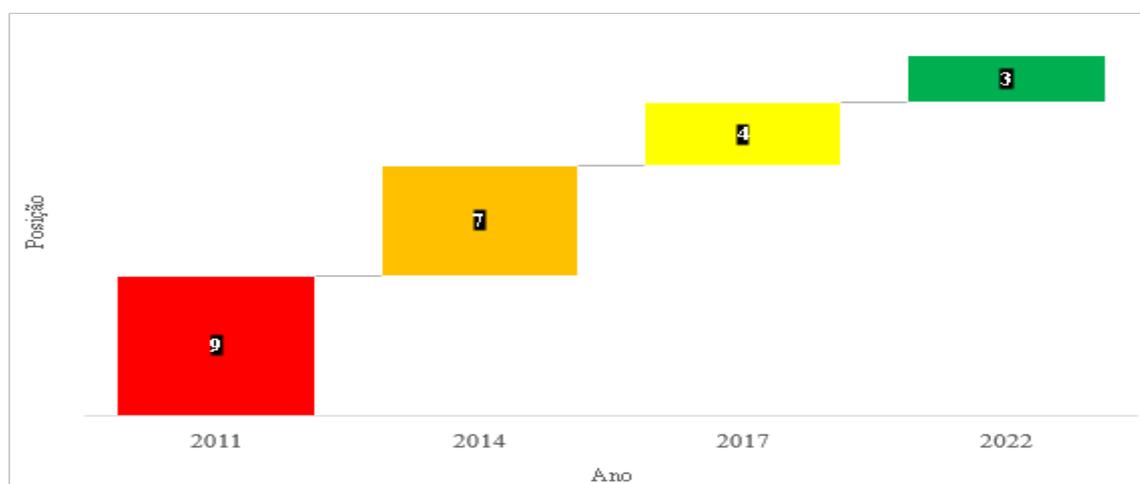
Estados Nordestinos	2011		2014		2017		2022	
	Energia Gerada	%	Energia Gerada	%	Energia Gerada	%	Energia Gerada	%
Alagoas	770,84	17,53	888,43	6,94	730,7	1,85	981,39	1,08
Bahia	207,2	4,71	2.170,37	16,95	8.965,25	22,69	29.459,24	32,39
Ceará	1.340,39	30,47	3.791,76	29,61	5.375,77	13,6	9.648,33	10,61
Maranhão	103,61	2,36	176,6	1,38	807,24	2,04	2.159,48	2,37
Paraíba	347,32	7,9	309,47	2,42	517,99	1,31	3.461,97	3,81
Pernambuco	924,29	21,01	969,55	7,57	3.993,66	10,11	5.833,54	6,41
Piauí	78,35	1,78	308,7	2,41	5.050,59	12,78	14.068,20	15,47
Rio G. do Norte	488,8	11,11	3.934,84	30,73	13.865,42	35,09	25.071,85	27,56
Sergipe	137,54	3,13	255,31	1,99	210,26	0,53	281,6	0,31
Nordeste	4.398,33	100	12.805,02	100	39.516,86	100	90.965,58	100

Fonte: EPE (2023). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

Ao analisar os dados contidos na Tabela 3, observa-se a evolução da produção de energia renovável de matriz não convencional no estado do Piauí em relação aos demais estados do Nordeste. Em 2011, o Piauí contribuiu com apenas 1,78% da energia gerada na região, porém, ao longo dos anos, essa participação aumentou consideravelmente. Em 2022, o Piauí foi responsável por 15,47% da energia gerada no Nordeste, posicionando-se como um dos principais produtores da região.

Durante os anos de 2011 a 2022, o Piauí saiu da nona posição entre os estados nordestinos para a terceira posição em relação à produção de energia renovável de matriz não renovável, conforme demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Evolução da Posição do Piauí na Produção de Energia Renovável de Matriz não Convencional no Cenário Nordestino no Período de 2011 a 2022



Fonte: EPE (2023). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

As informações apresentadas demonstram que o governo do Piauí tem demonstrado uma preocupação em relação à produção de energia limpa, especialmente por meio das fontes eólica e solar. Os investimentos realizados pelo governo piauiense têm gerado resultados significativos, colocando o Estado como um dos maiores produtores de energia renovável do Nordeste e do Brasil.

1.5 Ponderações

A análise realizada neste estudo mostra que o estado do Piauí tem conseguido utilizar seu potencial com êxito, diversificando sua matriz energética em um curto espaço de tempo, em que 95,8% da energia elétrica gerada no Estado advém de fontes renováveis não convencionais e 4,18% advém de fontes renováveis convencionais, mostrando que 99,9% da energia elétrica gerada no Piauí é renovável.

Além disso, constatou-se que, em 2011, o Estado gerou 78,35 GWh de energia elétrica a partir de fontes renováveis não convencionais, ficando na última colocação do *ranking* dos estados do Nordeste e 18º colocação no *ranking* nacional. Já em 2022, o Piauí gerou 14.068,2 GWh se posicionando em 3º no *ranking* regional e 4º no *ranking* nacional. Isso mostra que o Estado além de diversificar a matriz energética, também aumentou substancialmente a quantidade de energia gerada.

Por fim, embora a geração de energias renováveis desempenhe um papel importante na redução das emissões de gases do efeito estufa e na mitigação das mudanças climáticas, essas tecnologias também têm impactos ambientais e socioeconômicos, como qualquer forma de desenvolvimento e, portanto, devem ser implantadas e gerenciadas com responsabilidade, mitigando os impactos negativos, adaptando a mão de obra local às novas demandas tecnológicas e gerenciando os recursos naturais.

2 ANÁLISE ESPACIAL DO DESMATAMENTO NO PIAUÍ

A análise espacial do desmatamento é o estudo que utiliza técnicas e ferramentas geoespaciais para examinar a distribuição, extensão e padrões do desmatamento em uma determinada região ou ao longo do tempo. Isso envolve a utilização de dados de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, e informações geográficas para mapear e monitorar as áreas desmatadas e nos fornece subsídios para calcular o percentual de área desmatada no estado do Piauí.

A relevância desse percentual está relacionada à compreensão do impacto ambiental e socioeconômico do desmatamento em uma região. O percentual de área desmatada pode indicar o grau de pressão exercida sobre ecossistemas naturais, como florestas, e pode fornecer informações importantes para o desenvolvimento de estratégias de conservação e políticas

públicas voltadas para a sustentabilidade ambiental. Além disso, o monitoramento do percentual de área desmatada permite identificar áreas críticas que requerem ações de preservação, recuperação ou controle para evitar danos irreversíveis ao meio ambiente.

O desmatamento é responsável por uma série de impactos significativos. Um dos principais efeitos é a redução da produtividade agrícola, ocasionada pela erosão, compactação do solo e esgotamento dos nutrientes. Além disso, o ciclo hidrológico é afetado, resultando na diminuição da precipitação, no escoamento rápido da água superficial, enchentes e diminuição do fluxo dos rios, o que prejudica o ecossistema natural e a agricultura. A perda de biodiversidade também é uma consequência alarmante, especialmente em áreas com poucas florestas remanescentes e alta diversidade de espécies endêmicas (Fearnside, 2005).

Outras consequências do desmatamento citados por Antongiovanni *et al.* (2018) consistem na fragmentação de paisagens, que isola e dificulta a dispersão de várias espécies vegetais e animais, e no efeito de borda, que é um fenômeno que torna um *habitat* mais suscetível à penetração de influências externas, como poluição, incêndios, proliferação de espécies invasoras, atividades agrícolas e urbanização. Além disso, a retirada de vegetação causa alterações climáticas, devido à liberação de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global.

O objetivo deste estudo é realizar uma análise quantitativa e espacial do desmatamento no Piauí, por meio de uma série histórica fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), iniciando nos anos 2000 e findando em 2022, estabelecendo um comparativo com o cenário do Nordeste e do Brasil, bem como analisar o desmatamento por território de desenvolvimento.

2.1 Notas metodológicas

Os indicadores discutidos neste boletim representam a área desmatada acumulada ao longo da série histórica, incluindo áreas florestais e não florestais. Os cálculos para determinar a área desmatada foram realizados utilizando os dados baixados da plataforma Terrabrasilis, que são fornecidos pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) do INPE. Tais dados consistem em uma base de dados em formato CSV contendo informações sobre o desmatamento consolidado entre 2000 e 2022.

Segundo o INPE (2019), o PRODES foi originalmente desenvolvido para o monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal, empregando o termo "desmatamento" para descrever a conversão resultante da supressão de áreas de fisionomia florestal primária por

ações antrópicas. Esse processo é contínuo, iniciando-se em florestas intactas e culminando na transformação dessas áreas em outros tipos de cobertura. Além dos estágios extremos, facilmente identificáveis, é imprescindível considerar a variação gradual da degradação florestal ao longo do processo de desmatamento.

Com a expansão do projeto para os demais biomas, o conceito de desmatamento foi atualizado para remoção completa da cobertura vegetal natural do bioma, independentemente da utilização subsequente destas áreas (INPE, 2018).

A metodologia do referido projeto é composta por várias etapas que envolvem o uso de imagens de satélite, especialmente do satélite Landsat, para mapear e acompanhar o desmatamento na região amazônica. Inicialmente, as imagens são segmentadas, ou seja, divididas em regiões com características espectrais semelhantes e espacialmente adjacentes. Esse processo é realizado pelo método de crescimento de regiões, que requer a definição de limiares de similaridade e área mínima para a formação dos polígonos (INPE, 2013).

Após a subdivisão, ocorre a classificação não supervisionada, onde um algoritmo, como o ISOSEG, agrupa os dados das regiões segmentadas com base em seus atributos estatísticos. Esses atributos, como médias e matrizes de covariância, são usados para discriminar as classes de interesse, como desflorestamento, floresta, entre outras, dentro de limites predeterminados (INPE, 2013).

Em seguida, inicia-se a fase de edição, onde um foto-intérprete revisa e valida os polígonos temáticos gerados pela segmentação e classificação, feita de forma minuciosa diretamente na tela do computador, considerando a imagem original em composição colorida como referência. O foto-intérprete pode reclassificar os polígonos ou aceitá-los conforme sua experiência, além de contar com dados históricos do PRODES Analógico para auxiliar nas decisões (INPE, 2013).

Para garantir a precisão do mapeamento, utiliza-se um banco de dados geográficos gerenciado pelo TerraAmazon, que armazena e manipula todas as imagens e polígonos necessários para o projeto, permitindo agilidade na análise, edição e produção de informações gráficas e tabulares.

Os mapas de desmatamento foram gerados a partir de dados vetoriais em formato *shapefile* provenientes do projeto supracitado. O *datum* e o sistema de coordenada geográfica do arquivo são o SIRGAS 2000. Adicionalmente, realizou-se uma seleção espacial dos dados de desmatamento para o estado do Piauí.

Para proceder a análise dos dados sobre o desmatamento no Piauí, recorreu-se ao modelo metodológico comparativo. Em primeiro momento, a comparação ocorreu a partir dos níveis

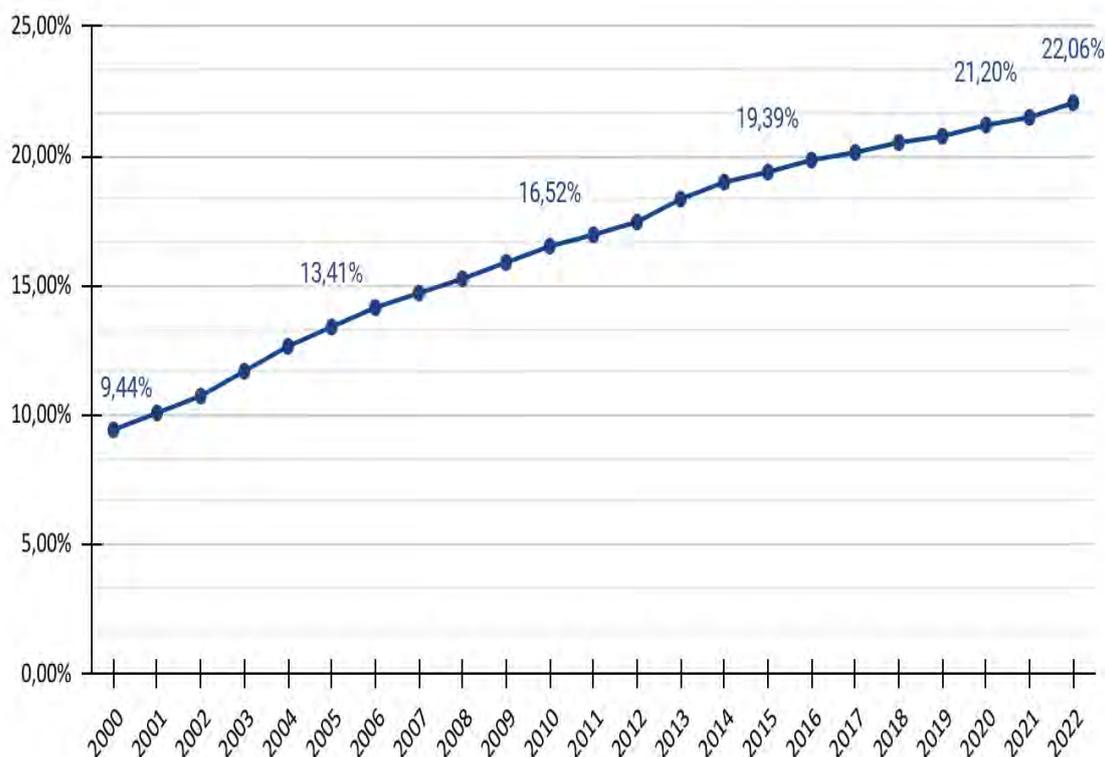
geográficos, quais sejam: a) Piauí; b) Nordeste; e c) Brasil. Paralelamente, houve uma comparação entre os referidos níveis geográficos de ano a ano, em particular, de 2000 (devido ao início da série histórica preconizada pelo INPE) ao ano de 2022, últimas informações fornecidas pelo INPE.

No Piauí, uma análise foi conduzida a partir dos Territórios de Desenvolvimento (TDs), considerando o papel do planejamento e da gestão estratégica e participativa do Estado nesse contexto territorial, conforme mencionado previamente. Nesse sentido, a comparação dos TDs se deu com base no percentual de desmatamento acumulado por território de desenvolvimento em 2022, visando identificar os territórios que mais impactaram o desmatamento total no referido ano.

2.2 Percentual de área desmatada acumulada no Piauí, Nordeste e Brasil

Nos anos 2000, a área desmatada correspondia a 9,44% (2,38 milhões de hectares) da área total do estado do Piauí. Ao longo da série, essa área aumentou de forma gradativa, atingindo 22,06% (5,55 milhões de hectares) da área total do Estado em 2022 (Gráfico 4).

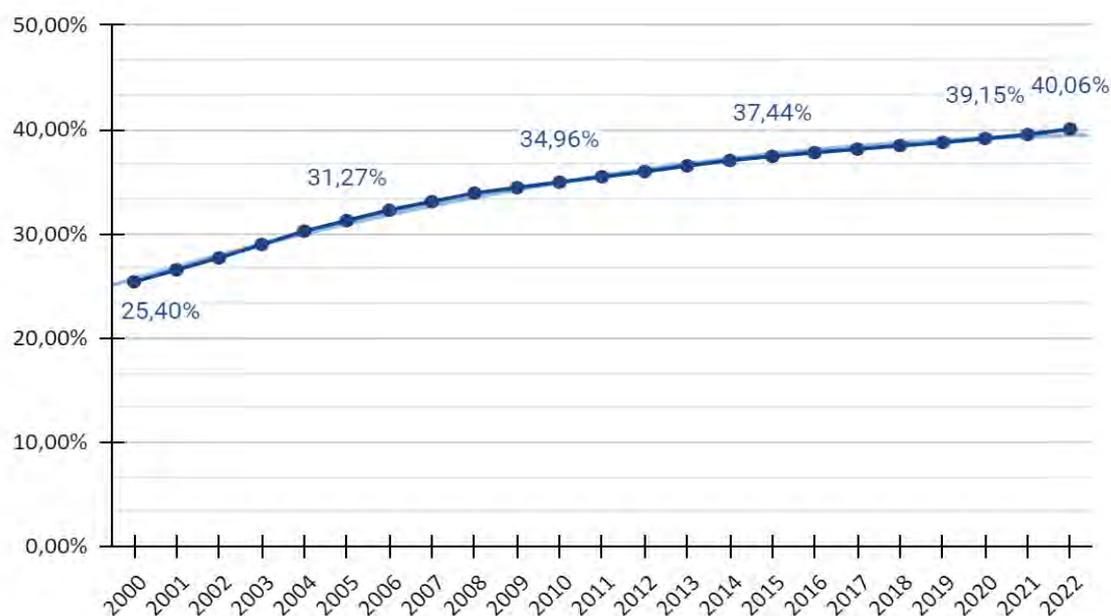
Gráfico 4 – Percentual de Área Desmatada Acumulada no Piauí



Fonte: Projeto PRODES - INPE (2022). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

Os dados mostram que, comparado ao Piauí, o desmatamento na Região Nordeste é bem mais acentuado, onde a área desmatada correspondia a 25,4% (39,4 milhões de hectares) da área total da região nos anos 2000 e a 40,06% (68,2 milhões de hectares) em 2022. Nesse sentido, observou-se que, assim como no Piauí, o aumento da área desmatada ocorreu de forma gradativa ao longo da série temporal (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Percentual de Área Desmatada Acumulada no Nordeste

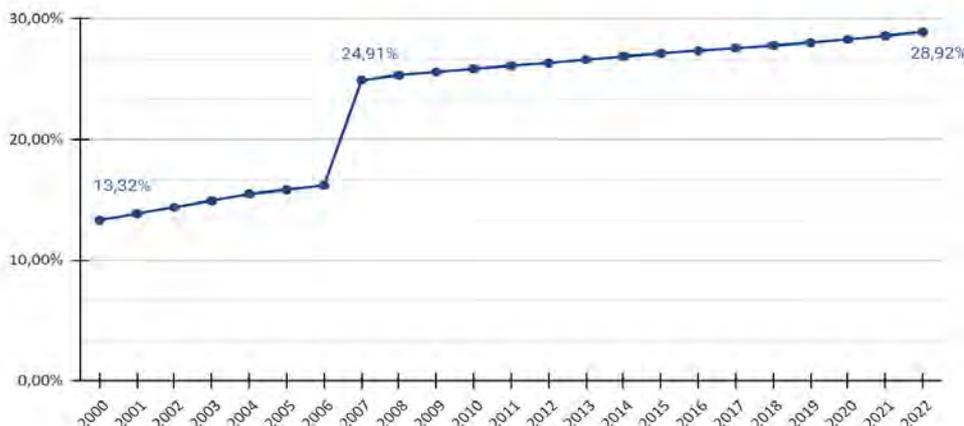


Fonte: Projeto PRODES - INPE (2022). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

Vale ressaltar que os dados de incrementos anuais anteriores a 2008, para a Amazônia Legal, foram agregados em um único conjunto de 1988 até 2007. As taxas anuais de desmatamento são calculadas por um algoritmo que leva em conta informações como as áreas de desmatamento medidas por imagens de satélite. No entanto, houve problemas de compatibilidade de dados entre tecnologias antigas e atuais no programa PRODES, para resolver isso optou-se por agregar os dados geográficos de 1988 a 2007 em uma camada única, impossibilitando a discriminação anual dos incrementos antes de 2008.

Por conta disso, o desmatamento em nível nacional foi de 13,32% (113,35 milhões de hectares), nos anos 2000, para 24,91% (211,98 milhões de hectares), em 2007, devido à inserção dos dados de incremento anual da área desmatada da Amazônia Legal. Em 2022, a área desmatada correspondia a 28,92% (246,11 milhões de hectares) da área total do País (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Percentual de Área Desmatada Acumulada no Brasil



Fonte: Projeto PRODES - INPE (2022). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

2.3 Desmatamento por território de desenvolvimento

Observando o desmatamento em 2022, por territórios de desenvolvimento, que é a unidade de planejamento territorial utilizada pelo estado do Piauí, é possível inferir que a Chapada das Mangabeiras e os Tabuleiros do Alto do Parnaíba possuem as maiores quantidades de áreas desmatadas, contribuindo com o desmatamento acumulado do Estado em 20,34% (1,129 milhão de hectares) e 20,13% (1,118 milhão de hectares), totalizando 40,47% (2,248 milhões de hectares). A Tabela 4 demonstra a área desmatada por Território de Desenvolvimento em ordem decrescente.

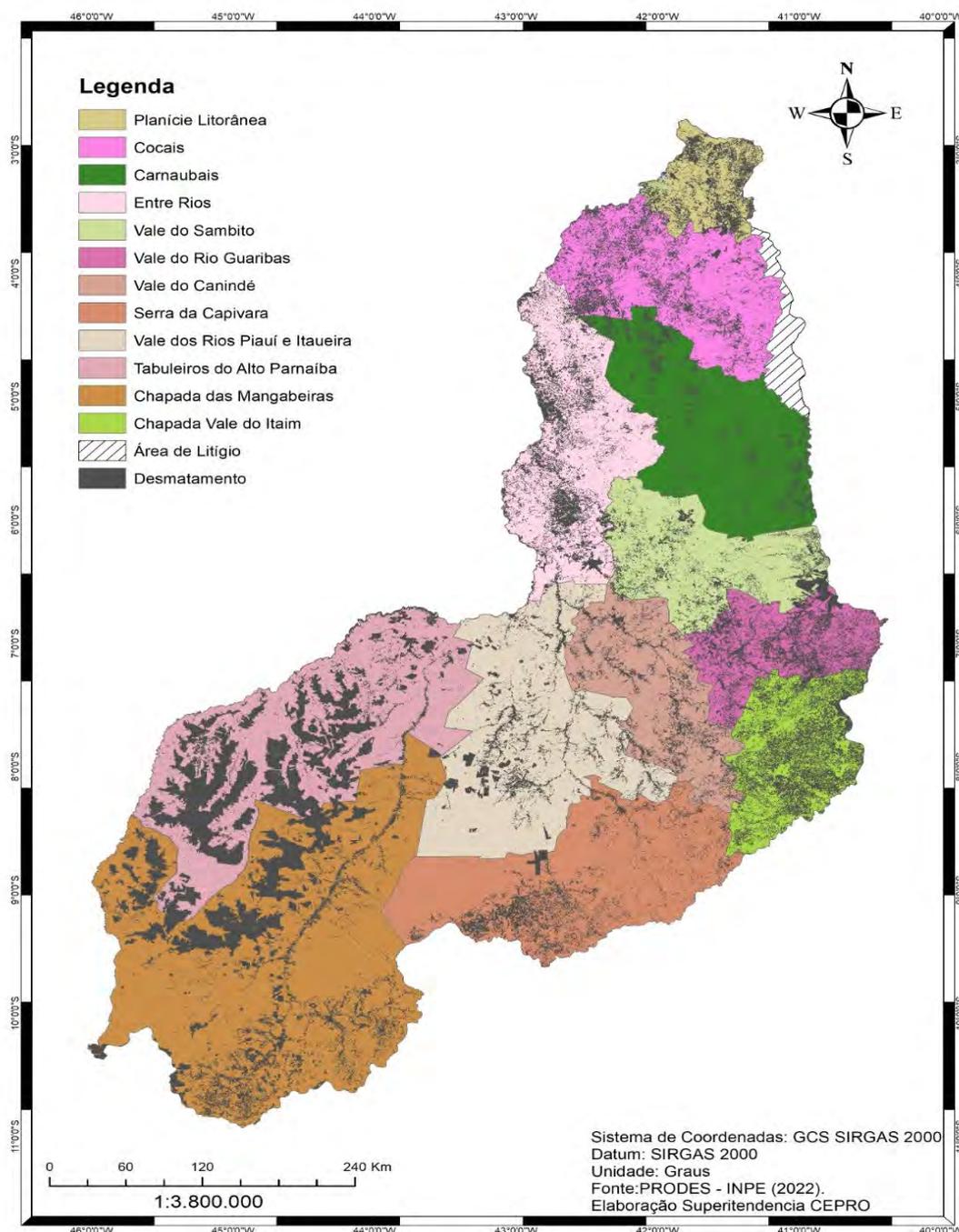
Tabela 4 – Percentual de Área Desmatada Acumulada por Território de Desenvolvimento no Piauí em 2022

Território	Desmatamento Acumulado 2022 (ha)	Desmatamento Acumulado por TD (%)
Chapada das Mangabeiras	1.129.984,97	20,34%
Tabuleiros do Alto Parnaíba	1.118.100,34	20,13%
Chapada Vale do Itaim	528.961,97	9,52%
Entre Rios	482.360,10	8,68%
Cocais	388.363,58	6,99%
Vale do Rio Guaribas	374.993,95	6,75%
Serra da Capivara	325.317,84	5,86%
Vale dos Rios Piauí e Itauera	304.731,68	5,49%
Vale do Canindé	234.131,41	4,22%
Vale do Sambito	224.167,60	4,04%
Carnaubais	223.802,62	4,03%
Planície Litorânea	219.261,52	3,95%
Total	5.554.177,59	100,00%

Fonte: Projeto PRODES - INPE (2022). Elaboração: Superintendência CEPRO (2023).

Os territórios Vale do Canindé, Vale do Sambito, Carnaubais e Planície Litorânea possuem as menores quantidades de áreas desmatadas acumuladas, contribuindo em 4,22% (234,13 mil hectares), 4,04% (224,17 mil hectares), 4,03% (223,80 mil hectares) e 3,95% (219,26 mil hectares), respectivamente. A Figura 1 mostra a espacialização do desmatamento em 2022.

Figura 1 - Desmatamento por Território de Desenvolvimento



A Figura 1 demonstra que o desmatamento nos Territórios de Desenvolvimento da Chapada das Mangabeiras e Tabuleiros do Alto Parnaíba ocorreu no formato de grandes manchas, enquanto no restante dos territórios ocorreu de maneira mais difusa. Nessas situações, os principais impactos ambientais consistem na desregulação do clima, diminuição da precipitação, perda da biodiversidade, aumento da susceptibilidade a incêndios, fragmentação e intensificação do efeito de borda em áreas de vegetação nativa. A diferença está no fato de que, nos territórios supracitados, tais impactos podem ser potencializados.

Além disso, considerando a maior sensibilidade da região semiárida aos impactos do desmatamento, é necessária uma atenção aos territórios da Chapada Vale do Itaim, Vale do Rio Guaribas e Serra da Capivara para evitar cenários de degradação mais extremos.

2.4 Ponderações

Os dados referentes ao ano de 2022 mostram que 77,94 % da área do Piauí encontrava-se coberta por vegetação nativa e 22,06% desmatada, indicando um cenário positivo do Estado, quando comparado com o Nordeste e o Brasil que possuíam um desmatamento acumulado de 40,06% e 28,92%, respectivamente. Apesar disso, o impacto negativo da supressão dessa área não deve ser subestimado, principalmente nos territórios da Chapada das Mangabeiras e do Tabuleiro do Alto Parnaíba, onde se encontram 40,47% (2,25 milhões de hectares) do desmatamento acumulado do Estado.

A implementação de medidas como o monitoramento e a regulamentação do uso da terra, combinadas com a recuperação de áreas degradadas, podem desempenhar um papel fundamental na salvaguarda dessas regiões, garantindo a preservação de sua biodiversidade. Além disso, o investimento contínuo em educação ambiental pode ajudar na compreensão de que a preservação da vegetação nativa vai além das preocupações ambientais, impactando diretamente o bem-estar humano e a sustentabilidade econômica.

Portanto, embora o histórico de desmatamento no Piauí seja comparativamente mais suave com relação ao cenário regional e nacional, é necessária uma ação rápida e coordenada para que a degradação ambiental não avance. Ao implementar políticas eficazes, fomentar conscientização da população e comprometer-se firmemente com a restauração de áreas degradadas, pode-se trilhar um caminho em direção à preservação e à sustentabilidade, garantido melhores condições para as gerações atuais e futuras.

REFERÊNCIAS

ASSIS, L. F. F. G.; FERREIRA, K. R.; VINHAS, L.; MAURANO, L.; ALMEIDA, C.; Carvalho, A.; RODRIGUES, J.; MACIEL, A.; CAMARGO, C. **Terra Brasilis: a spatial data analytics infrastructure for Large-scale thematic mapping**. ISPRS International Journal of Geo-Information. 8, 513, 2019. DOI: 10.3390/ijgi8110513

ANTONGIOVANNI, Marina; VENTICINQUE, Eduardo; FONSECA, Carlos. **Fragmentation patterns of the caatinga drylands**. Landscape Ecology. 33. 10.1007/s10980-018-0672-6. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325888049_Fragmentation_patterns_of_the_Caatinga_drylands/citation/download. Acesso em: 7 ago. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Capítulo 8 (Dados Estaduais) - Balanço Energético Nacional - Séries Históricas e Matrizes. 2023.

FEARNSIDE, P.M. 2020. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. p. 7-19. In: Fearnside, P.M. (ed.). **Destrução e conservação da floresta Amazônica**, vol. 1. Editora do INPA, Manaus. 368 p. ISBN: 978-85-211-0193-2. (no prelo). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340923558_Desmatamento_na_Amazonia_brasileira_Historia_indices_e_consequencias. Acesso em: 7 ago. 2023.

IBGE. **Censo Demográfico 2022: primeiros resultados**. 2023. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/primeiros-resultados>. Acesso em: 28 jun. 2023.

IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) 2021**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=766>. Acesso em: 28 jun. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **INPE divulga dados sobre o desmatamento do bioma cerrado**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias-obt-inpe/inpe-divulga-dados-sobre-o-desmatamento-do-bioma-cerrado>. Acesso em: 21 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E DEMAIS BIOMAS. Avisos – Bioma Cerrado – Disponível em: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 21 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E DEMAIS BIOMAS. Desmatamento – Amazônia Legal – Disponível em: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 21 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES)**. Mapa de Desmatamento no Brasil [online]. Disponível em: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em: 20 jun. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal (PRODES)**. São José dos Campos:

INPE, 2013. Disponível em:

http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/metodologia_taxaprodes.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Metodologia para Criação do PRODES Digital e do Banco de Dados Digitais da Amazônia - Projeto BADDAM**. São José dos Campos: INPE, 1999. Disponível em:

http://www.dsr.inpe.br/laf/panamazonia/arquivos/Metodolo_prodes.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Metodologia utilizada nos Projetos Prodes e Deter**. São José dos Campos: INPE, 2019. Disponível em:

http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

MARQUES, M. A. P. **Transformações territoriais no município de Marcolândia: os parques eólicos em discussão no semiárido piauiense**. Orientador: Prof. Dr. Antônio Cardoso Façanha. 2019. 191 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Teresina, 2019.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS (CEPRO). **Produto Interno Bruto dos Territórios do Piauí 2019**. Disponível em:

http://www.cepro.pi.gov.br/download/202206/CEPRO07_c34ded3336.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.