



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



KALYNE DE LOURDES DA COSTA MARTINS

**DISPARIDADES REGIONAIS DA PRODUÇÃO DE LENHA
NATIVA NO NORDESTE BRASILEIRO**

JOÃO PESSOA - PB
2015

PPGER / MESTRADO ACADÊMICO / N° 02

KALYNE DE LOURDES DA COSTA MARTINS

**DISPARIDADES REGIONAIS DA PRODUÇÃO DE LENHA NATIVA NO
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, área de concentração energias renováveis, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Moreira Coelho Junior

Coorientador

Prof. Dr. Magno Vamberto Batista da Silva

**JOÃO PESSOA - PB
2015**

M386d Martins, Kalyne de Lourdes da Costa.
Disparidades regionais da produção de lenha nativa no
nordeste brasileiro / Kalyne de Lourdes da Costa Martins.-
João Pessoa, 2015.
134f.
Orientador: Luiz Moreira Coelho Junior
Coorientador: Magno Vamberto Batista da Silva
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CEAR
1. Energias renováveis. 2. Lenha - produção - valor bruto.
3. Economia florestal. 4. Economia regional.

UFPB/BC

CDU: 620.91(043)

KALYNE DE LOURDES DA COSTA MARTINS

**DISPARIDADES REGIONAIS DA PRODUÇÃO DE LENHA NATIVA NO
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, área de concentração em energias renováveis para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de dezembro de 2015.

Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Junior

UFPB

Prof. Dr.. Magno Vamberto Batista da Silva

UFPB

Orientador(a)

Prof. Dr. Luiz Moreira Coelho Junior

**JOÃO PESSOA - PB
2015**

Dedico aos meus pais, Everaldo e Zonilda, que mesmo diante de dificuldades, sempre prezaram pela minha educação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por ter me presenteado com a realização de mais um sonho. Agradeço também a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Em Especial:

Aos meus pais, Everaldo e Zonilda, pelos ensinamentos, apoio e incentivo.

Ao meu irmão, Diego, que sempre me motivou na busca dos meus objetivos.

Ao meu namorado, Thyago Henrique, pela compreensão, apoio e carinho.

Ao professor Luiz Moreira Coelho Junior, pelas valiosas orientações, dedicação, paciência e incentivo, sem os quais esta dissertação não teria sido realizada.

Ao professor Magno Vamberto Batista da Silva, pelo acolhimento, incentivo e por todas as orientações dadas.

RESUMO

A lenha é uma fonte energética relevante para a economia nordestina. Esta dissertação analisou as disparidades da lenha nativa no Nordeste brasileiro. E, especificamente: analisou a disparidade do Valor Bruto da Produção do extrativismo vegetal nordestino frente ao brasileiro, entre 1994 a 2012; avaliou os efeitos da dependência espacial do Valor Bruto de Produção da lenha nativa por meio da análise exploratória de dados espaciais, no período de 1994 e 2013; analisou a convergência absoluta do valor bruto de produção da lenha nativa no Nordeste brasileiro, no período de 1994 e 2013, e; quantificou as emissões de gases de efeito estufa associadas à queima de lenha no Nordeste brasileiro, em pequena escala, para os segmentos do extrativismo vegetal e da silvicultura, no período de 1994 e 2013. Para atingir os objetivos, foram utilizados: os Indicadores de localização e especialização, Análise Exploratória de Dados Espaciais, o modelo de convergência absoluta, sendo estimados os modelos econométricos espaciais SAR e SEM, e a técnica da Análise de Ciclo de Vida. Os principais resultados encontrados foram: Os produtos do extrativismo vegetal do Nordeste não estão distribuídos da mesma forma que no Brasil; Com exceção dos produtos alimentícios e da madeira em tora, todos os produtos se mostraram relevantes para a economia nordestina; O grau de especialização do nordeste reflete uma composição diferenciada do Brasil; dentre os aglomerados espaciais observados, verificou-se que o cluster espacial do tipo alto-alto foi composto predominantemente pelas mesorregiões do Ceará e Pernambuco; o modelo convergiu, indicando que as mesorregiões com menores VBP's de lenha tendem a apresentar uma taxa de crescimento do VBP mais rápida em comparação às que possuem altos VBP's de lenha; verificou-se a presença de dependência espacial e o modelo SEM se apresentou como o mais adequado; e, em relação ao processo de queima da lenha em pequena escala, notou-se que a queima de lenha e o diesel usado nas máquinas de corte foram as atividades que mais contribuíram para as emissões.

Palavras-Chave: Economia Florestal. Economia Regional. Valor Bruto de Produção de Lenha.

ABSTRACT

The Firewood is an important energy source for the Northeast economy. This dissertation analyzed the inequalities of native wood in northeast Brazil. And specifically: analyzed the disparity of the Gross Value of Production of northeast's vegetal extraction with the Brazil, between 1994-2012; evaluated the effects of spatial dependence of the Gross Value of Production of native firewood through exploratory spatial data, in the 1994 to 2013 period; analyzed the absolute convergence of the gross value of production of native firewood in northeast Brazil, in 1994 and 2013, and; quantified emissions of greenhouse gases associated with the burning of firewood in northeast Brazil, on a small scale, for the segments of vegetal extraction and forestry in the period 1994 and 2013. To achieve the objectives, we used: the location indicators and specialization, Exploratory Spatial Data Analysis, the absolute convergence model, and estimated the spatial econometric models SAR and SEM, and the technique of Life Cycle Analysis. The main results were: The Northeast vegetation extraction products are not distributed in the same way in Brazil ; With the exception of food products and round wood, all products were relevant to the Northeast economy; The specialization degree of the northeast reflects an different composition of Brazil; among the observed spatial clusters, it was found that the spatial cluster of high-high type was composed predominantly by mesoregions of Ceará and Pernambuco; the converged model, indicated that the mesoregions with smaller GVP's firewood tend to have a growth rate of GVP faster compared to mesoregions with high GVP's firewood; observed the presence of spatial dependence and SEM model is presented as the most appropriate; and, in relation to the process of firewood burning on a small scale, it was noted that the burning of firewood and diesel used in cutting machines were the activities that contributed most to the emissions.

Keywords: Forest Economy. Regional Economy. Gross value of firewood production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1	INTRODUÇÃO	11
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos	15
1.3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
1.3.1	História do uso da lenha.....	15
1.3.2	Estudos Precursores na Economia Regional e Espacial.....	24
1.3.3	Indicadores de Localização e Especialização	25
1.3.4	Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)	29
1.3.5	Modelo de Convergência	36
1.3.6	Econometria Espacial.....	38
1.3.6	Análise de Ciclo de Vida (ACV)	39
2	ARTIGO 1 - DISPARIDADE DA PRODUÇÃO DO EXTRATIVISMO VEGETAL NO NORDESTE BRASILEIRO (1994-2012)	41
2.1	INTRODUÇÃO	43
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS	44
2.2.1	Dados utilizados.....	44
2.2.2	Medidas Locacionais e Regionais.....	45
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
2.4	CONCLUSÃO	55
2.5	REFERÊNCIAS.....	55
3	ARTIGO 2 - DISTRIBUIÇÃO E DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE LENHA NO NORDESTE BRASILEIRO	57
3.1	INTRODUÇÃO	59
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	60
3.2.1	Dados utilizados.....	60
3.2.2	Análise Exploratória de Dados Espaciais	61

	10
3.2.3 Indicadores de Autocorrelação Espacial	63
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.4 CONCLUSÃO	75
3.5 REFERÊNCIAS	76
4 ARTIGO 3 - CONVERGÊNCIA ESPACIAL DO VALOR BRUTO DE PRODUÇÃO DE LENHA NAS MESORREGIÕES DO NORDESTE BRASILEIRO (1994-2013)	79
4.1 INTRODUÇÃO	81
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	82
4.2.1 Dados utilizados	82
4.2.2 Modelos de Convergência Absoluta	83
4.2.3 Econometria Espacial.....	85
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
4.3.1 Análise do Crescimento do Valor Bruto de Produção da Lenha	90
4.3.2 Convergência no Valor Bruto de Produção da Lenha.....	94
4.4 CONCLUSÃO	97
4.5 REFERÊNCIAS	98
5 ARTIGO 4 - QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PARA A LENHA CONSUMIDA EM PEQUENA ESCALA NO NORDESTE BRASILEIRO	101
5.1 INTRODUÇÃO	103
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS	104
5.2.1 Dados utilizados	104
5.2.2 Análise de Ciclo de Vida.....	105
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	110
5.4 CONCLUSÃO	120
5.5 REFERÊNCIAS	121
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
7 REFERÊNCIAS	125

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o homem usa o fogo, a tração animal e outras formas de obtenção de energia para satisfazer seu bem-estar. Sabe-se que o desenvolvimento da humanidade apresenta relação direta ao aumento do consumo energético, além do uso eficiente, racional e controlado das fontes de energia (SOARES et al. 2006).

Durante o século XX, o uso da energia oriunda de combustíveis fósseis conduz a humanidade a uma sequência de fatos que faz crescer o rendimento de produção e a taxa de crescimento econômico do planeta, gerando um maior aperfeiçoamento das tecnologias, tornando-as mais produtivas e mais consumidoras de energia. Entre 1973 e 1979 ocorreram duas crises energéticas por conta da escassez do petróleo; em 1974 houve uma crise econômica, enquanto que em 1986 uma terceira crise do petróleo juntamente com o acidente nuclear de Chernobil. A partir desses fatos, percebeu-se que a crise econômica e energética viria a ser também uma crise ambiental (MUNIZ, 2002).

De acordo com Brito (2007), a evolução do consumo mundial de energia, tendo como base os combustíveis fósseis, fez com que a matriz energética se tornasse insegura e cara; além de apresentar externalidades negativas para o meio ambiente. Tal aspecto tem feito com que vários países busquem mudanças, sendo uma delas a intensificação do aproveitamento de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo-se a madeira.

A biomassa trata-se da massa de matéria originalmente biológica, viva ou morta, animal ou vegetal. A biomassa presente nas florestas refere-se a quantidade formada por organismos no ecossistema em termos de massa. A lenha é um tipo de fonte energética que foi caracterizada como predatória associada ao desmatamento, via expansão da agropecuária. A partir de meados do século XX com os Planos Nacionais de Desenvolvimentos (PND's), por meio dos Programas de Substituição de Energia, intensificou o uso da biomassa. Em 2002, a biomassa (combustão direta de madeira, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas e de animais, para cocção, secagem e produção do carvão) ainda era utilizada como fonte de energia primária para cerca de 2,4 bilhões de

peças em países em desenvolvimento, destacando assim, a sua importância (SILVEIRA et al., 2008; GUADARBASSI, 2006; COELHO JUNIOR, 2004).

Segundo Lora e Andrade (2004), a biomassa apresenta um grande potencial energético tanto a nível mundial como também no Brasil. Para estes autores, os biocombustíveis, por exemplo, poderiam se tornar uma das alternativas para o fornecimento de eletricidade em comunidades isoladas, constituindo assim, um incentivo para o desenvolvimento de atividades extrativistas sustentáveis contribuintes para o desenvolvimento destas comunidades.

A lenha, uma das fontes renováveis de biomassa, sempre se mostrou como um forte contribuinte para o desenvolvimento da humanidade, sendo inicialmente empregada para aquecimento e cocção de alimentos. Com o passar do tempo, passou a ser usada como combustível sólido, líquido e gasoso, em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica. Atualmente, o uso da lenha está atrelado a variáveis como: nível de desenvolvimento do país, disponibilidade de florestas, questões ambientais, bem como a competição econômica com outros tipos de fontes energéticas, a exemplo do petróleo, gás natural e hidroeletricidade (BRITO, 2007).

O uso da madeira para energia se destaca nos países em desenvolvimento, visto que nestas regiões a mesma se caracteriza como um componente de suma importância no suprimento de energia primária, em especial, para uso doméstico e industrial. Em 2014, dentre os 39,4% de fontes renováveis que compõem a oferta interna de energia da matriz energética brasileira, 8,1% é composto pela lenha e carvão vegetal. Em relação ao consumo, verificou que a lenha representa 6,3% (BRITO, 2007; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2015).

O uso da biomassa no Nordeste brasileiro é observado desde o período colonial, quando a Mata Atlântica foi substituída pela cultura da cana-de-açúcar. A região Nordeste possui sua vegetação nativa como a única fonte de biomassa vegetal, indispensável para fins de desenvolvimento de atividades produtivas e de subsistência (SANTOS e GOMES, 2009). Dentre as fontes renováveis de biomassa utilizadas no Nordeste, observou que a Lenha é representativa, representando 35% da matriz energética nordestina.

Com base no exposto, observa-se o quanto a lenha tem relevância para o Brasil e, principalmente, para a região Nordeste, devido entre outros fatores, à disponibilidade de vegetação. No entanto, se percebe a importância de um estudo voltado ao uso da lenha no Nordeste brasileiro que busque identificar padrões de consumos, as variáveis atreladas ao

consumo da lenha para fins energéticos, bem como relacionar as mudanças estruturais na produção, caso tenha ocorrido. Para entender estas disparidades da lenha nativa no Nordeste brasileiro, foram reunidas algumas técnicas de economia regional e análise de ciclo de vida.

Os modelos de convergência possuem como base teórica a Teoria Neoclássica e tratam de crescimento econômico. Na literatura, são bastante utilizados para variáveis como renda e renda per capita. Tais modelos consideram que, caso as economias apresentem preferências e tecnologias parecidas, as economias mais pobres possuirão uma tendência de crescimento mais rápido do PIB comparado às mais ricas (SPOHR e FREITAS, 2011).

Os indicadores de localização e especialização servem como auxílio na formulação de políticas de descentralização industrial e para o conhecimento dos padrões regionais do crescimento econômico. Em particular, os índices de localização verificam os padrões de concentração ou dispersão espacial das atividades em um determinado período ou entre dois períodos. Enquanto que os indicadores de especialização identificam o grau de especialização das economias regionais em um dado período (HADDAD, 1989).

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é uma ferramenta que serve na descrição e identificação de distribuições espaciais. Identifica localidades atípicas (*outliers* espaciais) e padrões de associação espacial (*clusters* espaciais). Nesta técnica consideram-se dois efeitos espaciais: a autocorrelação espacial, proveniente da interação dos agentes entre regiões, e a heterogeneidade, decorrente da instabilidade estrutural por meio das regiões (ANSELIN, 1999; ANSELIN, 2005).

Os modelos econométricos espaciais buscam solucionar problemas oriundos da presença de efeitos espaciais (dependência espacial e heterogeneidade) na análise de regressão (SCHUMACHER, 2013).

No que tange à abordagem de análise de ciclo de vida, verifica-se que esta avalia os impactos ambientais de um produto ou processo, considerando desde a extração das matérias primas até o final da vida do produto (PIRES et al., 2002).

Logo, a Dissertação foi desenvolvida da seguinte forma: em um referencial teórico e 04 (quatro) artigos expostos em capítulos. O referencial teórico apresentou uma abordagem histórica do uso da lenha como fonte de energia desde as primeiras civilizações, trazendo a importância do setor florestal e, em especial, da lenha no Brasil. Apresentou o padrão de oferta de lenha e os principais consumidores deste energético no

Nordeste brasileiro e os modelo de convergência; Dentre as abordagens teóricas de economia regional, foram apresentados: os indicadores de localização e especialização, a análise exploratória de dados espaciais e os modelos econométricos espaciais; e a análise de ciclo de vida.

O primeiro artigo analisou a disparidade do valor bruto de produção do extrativismo florestal no Nordeste Brasileiro, tendo como finalidade a identificação dos produtos mais relevantes para a economia da Região, bem como a verificação de padrões de concentração na produção, níveis de especialização e mudanças estruturais ao longo do período analisado.

O segundo artigo tratou de uma análise exploratória de dados espaciais, objetivando: identificar a distribuição espacial da produção de lenha (*clusters* espaciais), observar a existência de regimes espaciais e verificar observações atípicas (*outliers* e pontos de alavancagens).

O terceiro artigo analisou a convergência absoluta no valor bruto de produção da lenha nas mesorregiões do Nordeste brasileiro, e especificamente, como ocorre a dependência espacial. Além disso, estimou os modelos econométricos espaciais afim de solucionar o problema da autocorrelação espacial. Dentre os modelos, foram estimados os mais utilizados: o Modelo de Defasagem Espacial (SAR) e o Modelo de Erro Autorregressivo Espacial (SEM).

O quarto artigo realizou uma análise de ciclo de vida com o objetivo de quantificar as emissões de gases de efeito estufa associadas à queima de lenha no Nordeste brasileiro, em pequena escala, para os segmentos do extrativismo vegetal e da silvicultura.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as disparidades da lenha nativa no Nordeste brasileiro, no período de 1994 a 2013.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a disparidade do Valor Bruto da Produção do extrativismo vegetal nordestino frente ao brasileiro, entre 1994 a 2012;
- b) Analisar os efeitos da dependência espacial do Valor Bruto de Produção da lenha nativa por meio da exploratória de dados espaciais, no período de 1994 e 2013;
- c) Analisar a convergência absoluta do valor bruto de produção da lenha nativa no Nordeste brasileiro, no período de 1994 e 2013, e;
- d) Quantificar as emissões de gases de efeito estufa associadas à queima de lenha no Nordeste brasileiro, em pequena escala, para os segmentos do extrativismo vegetal e da silvicultura, no período de 1994 e 2013.

1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Referencial Teórico ficou estruturado em temas que descrevem o consumo e a distribuição da produção da lenha no Nordeste brasileiro, bem como as teorias utilizadas na realização deste trabalho. Apresentou uma breve história do uso da lenha, mostrando o setor florestal brasileiro e o uso da Lenha no Brasil e enfatizando a produção e consumo de lenha no Nordeste brasileiro; Mostrou as principais teorias que antecederam a Economia Regional e Espacial, como a teoria de Von Thünen, North, as teorias de transbordamento e a Nova Geografia Econômica. E, por fim, expos as ferramentas metodológicas utilizadas: indicadores de localização e especialização, análise exploratória de dados espaciais, modelo de convergência, modelos econométricos espaciais (SAR e SEM) e análise de ciclo de vida.

1.3.1 História do uso da lenha

A lenha é considerada a fonte energética que estimulou o desenvolvimento, pois foi o produto energético básico na estrutura do mundo até a Revolução Industrial. No início da civilização, para atender as necessidades energéticas (alimentação, fonte de iluminação e aquecimento), o homem apropriou-se do fogo com o uso de um ramo vegetal resinoso. A

partir disto, o homem pôde se aquecer e realizar outras atividades (ASSUMPCÃO, 1981; FONSECA, 1972).

Na idade da pedra, o homem desenvolveu apenas atividades de caça e coleta de alimentos, tendo um baixo consumo energético (2000 a 3000 kcal por dia). O desaparecimento dos alimentos e as mudanças climáticas, no Sul da Europa, promoveram a migração do homem para o Norte, iniciando o período Neolítico. Este período foi caracterizado com um maior progresso técnico e aumento demográfico; além do desenvolvimento da agricultura e pecuária (primeiras formas de armazenamento de energia). O surgimento de grandes civilizações no mundo antigo foi importante para o aproveitamento energético. Tais civilizações apropriaram-se de solos férteis e desenvolveram a técnica da cultura irrigada de cereais. Conseguiram armazenar maiores quantias de energia na forma de alimentos. Embora a lenha fosse a principal fonte energética (usada para cocção de alimentos, aquecimento das cavernas e fornos primitivos), o ciclo natural conseguia regenerar e repor as florestas (FARIAS e SELLITO, 2011; CARVALHO, 2008).

Na Idade Média, as primeiras descobertas dos cientistas promoveram grandes mudanças no uso da energia. Com o passar do tempo, a evolução tecnológica possibilitou o uso de outras fontes energéticas. Isto fez com que a lenha perdesse sua importância relativa. No início do século XVIII, por ser abundante e barato, o carvão mineral passou a ser mais utilizado como fonte energética que a lenha. Em 1772, a invenção da máquina a vapor por Thomas Newcomen, posteriormente aperfeiçoada por James Watt, fez do carvão um marco para a Revolução Industrial. E, juntamente ao início da Revolução Industrial iniciou a era dos combustíveis fósseis (FARIAS e SELLITO, 2011; BRITO, 1993; CARVALHO, 2008).

O declínio das reservas mundiais de carvão mineral consagrou o petróleo como a principal fonte energética do mundo. O modelo industrial moderno foi consolidado pelo petróleo. A abundância deste energético influenciou a globalização da economia, pois o seu transporte para o mundo inteiro propiciou a instalação de fábricas em países da Ásia, África e América Latina (OLIVEIRA et al. 2008; CARVALHO, 2008).

O consumo de energia, ao longo do século XX, cresceu proporcionalmente aos avanços tecnológicos. Isto levou ao uso intenso do petróleo e, conseqüentemente, a uma grande quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera, agravando o efeito estufa. Entre 1960 e 1973, o petróleo representou 47% da fonte energética mundial. Em 1973/1974 e

1979/1980, ocorreram crises energéticas por conta da escassez do petróleo. Na I Crise do Petróleo, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) reduziu a produção do energético e aumentou o preço nominal do barril de US\$ 3,05 para US\$ 10,73. O aumento do preço do petróleo promoveu a implantação de políticas de substituição de energia por parte dos países importadores de petróleo (KRÜGUER, 2003; COELHO JUNIOR, 2004).

A II Crise do Petróleo, em 1979, ocorreu mediante uma instabilidade política que desorganizou todo o setor produtivo do Irã, chegando o barril de petróleo a custar US\$ 31,58. Com a crise energética, houve uma maior rapidez na implementação de programas cujo objetivo era a redução da dependência energética externa. Em 1986, ocorreu uma terceira crise do petróleo e o acidente nuclear de Chernobil. Tais acontecimentos indicaram que a crise econômica e energética também seria uma crise ambiental. Ou seja, a evolução do consumo mundial de energia, com base nos combustíveis fósseis, tornou a matriz energética insegura e cara; além da promoção de impactos ambientais (COELHO JUNIOR, 2004; MUNIZ, 2002; BRITO, 2007).

As crises energéticas evidenciaram a necessidade de intensificar o aproveitamento de outras fontes energéticas, inclusive da lenha. Com isso, as chamadas florestas energéticas se destacaram por serem mais densas e de menor ciclo, o que fortaleceu as pesquisas no que tange à produção de mudas, silvicultura, manejo e colheita florestal (COELHO JUNIOR, 2004).

1.3.1.1 Uso da Biomassa Florestal no Brasil

A intensificação da exploração da Mata Atlântica ocorreu com a chegada dos portugueses ao Brasil, os quais tinham interesse na exploração do pau-brasil. Dentre inúmeras atividades, o desmatamento continuou com a plantação da cana-de-açúcar, extração do ouro, produção de carvão vegetal e um intensivo processo de urbanização. O aumento desta exploração vem promovendo externalidades negativas (SILVEIRA et al., 2008).

Alguns estudos acerca da preservação florestal mostram que a concentração de dióxido de carbono (CO₂) variou, juntamente, com a temperatura da atmosfera nos últimos milhares de anos. Isto reforça a ideia de que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera influencia nas mudanças climáticas. Algumas estratégias estão sendo

estudadas e aplicadas para a redução da concentração de CO₂ na atmosfera. Uma das estratégias trata-se da diminuição de emissões via queima de combustíveis fósseis, redução da queima de material vegetal e o “sequestro” de carbono por meio do plantio de florestas (CAMPOS, 2001).

De acordo com Houghton (1994), as estruturas carbônicas das árvores possuem elementos nocivos à qualidade de vida; o que justifica o crescente interesse em estudos que tratem de biomassa e carbono nas florestas. A biomassa florestal refere-se à fração biodegradável dos produtos e desperdícios da atividade florestal, incluindo: material proveniente de gestão dos combustíveis, das operações de condução (limpezas, desbastes e podas) e resíduos florestais, a exemplo de materiais resultantes da transformação da matéria-prima em produtos florestais na indústria (retestos, costaneiras, cerne de folhados, serrim, resíduos de carpintaria e de mobiliário) (GONÇALVES et al., 2013).

No Brasil, a biomassa florestal apresenta pouca contribuição na produção de eletricidade. Esta produção elétrica por meio da biomassa ocorre, exclusivamente, em centrais autoprodutoras. Os principais combustíveis utilizados são: o bagaço de cana, nas usinas de açúcar e álcool, o licor negro, nas fábricas de celulose e papel, e a lenha, usada nas indústrias madeireiras (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG, 1986).

O uso da biomassa florestal possui vantagens econômicas: é considerado um combustível de baixo custo; não exige mão-de-obra qualificada; pode ser armazenado em espaço aberto; e apresenta baixo teor de cinzas e enxofre. Logo, a biomassa florestal se caracteriza como um importante insumo energético, podendo ser incluída no conjunto de fontes energéticas consideradas na definição de políticas e diretrizes para o planejamento energético regional (LIMA e BAJAY, 1998).

1.3.1.2 O Setor Florestal e o uso da Lenha no Brasil

O Brasil é um país tropical que apresenta uma extensa área de florestas nativas e plantadas. A área referente às florestas nativas, susceptível de manejo, é em torno de 450 milhões de hectares. Para as florestas plantadas, as estatísticas apontam uma área de aproximadamente 5 milhões de hectares. Por apresentar boas condições edafoclimáticas, o país possui vantagens comparativas para a atividade florestal (CARVALHO et al., 2005).

O setor florestal é relevante para o desenvolvimento do Brasil em termos econômicos, sociais e ambientais. Este segmento abarca grande quantidade de mão-de-obra, contribuindo para uma melhor distribuição de renda da população. A exploração racional, baseada no manejo sustentável, pode promover melhorias nas condições de transporte, acesso e comunicação de determinada área. Dentre os produtos madeiros do setor florestal, a lenha e o carvão vegetal são os que se destacam na biomassa para fins energéticos. O Brasil é um dos maiores produtores de lenha e carvão vegetal do mundo (CARVALHO et al., 2005; ABRACAVE, 2003).

A Tabela 1.1 apresenta a quantidade produzida de lenha (m³) para o Brasil e suas regiões, considerando os segmentos do Extrativismo e Silvicultura, nos anos de 1994, 2001 e 2013. De 1994 a 2013, para o Extrativismo do Brasil, houve uma queda de 5,45% a.a. no crescimento médio anual da produção de lenha. Isto pode ser explicado pela atuação de órgãos fiscalizadores que implementam o conceito de extrativismo sustentável, cuja finalidade é impedir o esgotamento dos recursos. O manejo de florestas nativas propõe uma extração de baixo impacto, de forma a minimizar os danos ecológicos e perdas de lenha. Ou seja, o objetivo é assegurar que os recursos florestais sejam mantidos em suas funções ambientais, socioculturais e econômicas (IBGE, 2013; GAMA, 2008).

Tabela 1.1. Quantidade produzida de lenha (m³) para o Brasil e suas regiões, considerando os segmentos do Extrativismo e Silvicultura, no período de 1994 a 2013.

Regiões	Extrativismo			Silvicultura		
	1994	2001	2013	1994	2001	2013
Brasil	89.747.722	49.001.583	30.955.224	28.784.066	30.042.485	55.392.485
Norte	11.129.478	8.382.975	5.908.599	-	3.643	25.269
Nordeste	45.398.649	26.129.685	17.738.228	929.475	1.272.127	1.103.122
Sudeste	11.661.852	2.792.535	1.011.171	11.762.795	9.872.404	14.193.808
Sul	14.881.895	8.241.455	3.368.150	14.500.009	17.469.130	33.635.733
Centro-Oeste	6.675.848	3.454.933	2.929.076	1.591.787	1.425.181	6.434.553

Fonte: IBGE (2015).

Em relação à participação das regiões na produção de lenha do extrativismo, no ano de 1994, observou-se que: Nordeste (50,58%), Sul (16,58%), Sudeste (13,00%), Norte (12,40%) e Centro-Oeste (7,44%). Em 2001, a participação foi de: Nordeste (53,32%), Norte (17,11%), Sul (16,82%), Centro-Oeste (7,05%) e Sudeste (5,70%). Enquanto que em

2013: Nordeste (57,30%), Norte (19,09%), Sul (10,88%), Centro-Oeste (9,46%) e Sudeste (3,27%).

De 1994 a 2013, verificou-se as seguintes variações no crescimento médio anual de produção da lenha no extrativismo: Sudeste (-12,08% a.a.), Sul (-7,52% a.a.), Nordeste (-4,82% a.a.), Centro-Oeste (-4,24% a.a.) e Norte (-3,28% a.a.). As maiores retrações observadas (Sudeste, Sul e Nordeste) são resultados de desflorestamentos provocados pela expansão da urbanização e crescimento econômico; já que nestas regiões estão concentrados 85% da população brasileira. As regiões Sudeste, Sul e Nordeste são ocupadas pela Mata Atlântica, pela Caatinga e pelos Campos Sulinos. A vegetação nativa nestas regiões, atualmente, encontra-se protegida, sendo a exploração legal restrita aos reflorestamentos (JUVENAL e MATTOS, 2002).

Em geral, há dificuldades na oferta de lenha em algumas regiões brasileiras. Isto pode ser observado pela redução da produção e exportação, aumento de preços e o reconhecimento do governo da necessidade de reflorestamentos. Mesmo com aumentos de 2,68% ao ano da produção em florestas plantadas, não suprirá a demanda do país (UHLIG, 2008).

De 1994 a 2013, a Silvicultura teve uma variação positiva de 3,50% a.a. no crescimento médio anual de produção da lenha no Brasil. Este crescimento está associado ao aumento de demanda por parte das indústrias de papel e celulose, das indústrias que usam a lenha como fonte energética e bem como do uso doméstico. A pressão exercida pelos órgãos fiscalizadores, com a finalidade de coibir a exploração de florestas nativas, contribuiu para o aumento na quantidade produzida de lenha na silvicultura (IBGE, 2013).

Em 1994, as participações na produção de lenha da silvicultura brasileira foram: Sul (50,38%), Sudeste (40,86%), Centro-Oeste (5,53%) e Nordeste (3,23%). No ano de 2001, as participações foram: Sul (58,15%), Sudeste (32,87%), Centro-Oeste (4,74%), Nordeste (4,23%) e Norte (0,01%). Enquanto que em 2013, verificou-se uma participação de: Sul (60,73%), Sudeste (25,62%), Centro-Oeste (11,62%), Nordeste (1,99%) e Norte (0,04%). As maiores participações do Sul e Sudeste na produção de lenha da silvicultura são provenientes de investimentos significativos por indústrias bem capitalizadas. Tais recursos foram investidos na obtenção de florestas plantadas, novas áreas para reflorestamento e novos plantios (JUVENAL e MATTOS, 2002).

Em relação às regiões, o crescimento médio anual da produção de lenha na silvicultura, no período de 1994 a 2013, foi de: Centro-Oeste (+7,63% a.a.), Sul (+4,53%

a.a.), Sudeste (+0,99% a.a.) e Nordeste (+0,90% a.a.). Para Juvenal e Mattos (2002), estas variações positivas são decorrentes de investimentos em tecnologia florestal, principalmente do setor de celulose e papel. As instituições de pesquisas e universidades também contribuíram para que as florestas de pinus e eucalipto mostrassem um rápido crescimento atrelado a baixos custos de implantação e manutenção.

O consumo da lenha no Brasil ainda é bastante representativo, especialmente para produção de carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências. O seu uso como matéria prima industrial é de aproximadamente 142,7 milhões de metros cúbicos. Ressalta-se que 69% da madeira utilizada no Brasil possui destinação energética. No uso da madeira para fins energéticos, a produção de carvão se destaca pela demanda de lenha proveniente do setor siderúrgico. O ramo industrial (cimento, químico, alimentos e bebidas, papel e celulose e cerâmicas) também se caracteriza como um importante demandante de lenha no Brasil. Outro setor que possui uma significativa demanda de lenha é o setor residencial. Em 2004, o setor residencial consumiu em torno de 26 milhões de toneladas de lenha, o equivalente a 29% da produção (BRITO, 2007; GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Ao considerar um consumo médio anual de dois metros cúbicos de madeira por pessoa, conforme Brito (2007), estima-se um contingente em torno de trinta milhões de pessoas que dependem da madeira como fonte energética domiciliar no Brasil. A maior parte dessas pessoas são de origem pobre e possuem dificuldades de acesso a outras fontes energéticas.

Há preocupações em relação à pressão exercida sobre as florestas nativas. Uma delas é a pressão exercida pelas indústrias gesseiras sobre a caatinga. Outra preocupação se dá pelas dificuldades da indústria de ferro na obtenção do carvão vegetal. Em alguns casos, o desmatamento também pode ser atribuído à demanda de lenha pelo setor residencial. Porém, existem estudos que indicam que mais de dois terços da lenha usada para cocção são oriundas de áreas de agricultura, de resíduos de serrarias ou restos de construções. Ou seja, a lenha usada pelo setor residencial brasileiro pode ser considerada sustentável em termos energéticos (UHLIG, 2008).

Até o final da década de 90, houve um aumento do uso do GLP e uma redução no consumo da lenha pelo setor residencial. Isto é atribuído à política de governo que promoveu o acesso ao GLP em todas as regiões, subsidiando os usuários. No entanto, o aumento de preços do GLP reverteu esta tendência, ocorrendo assim, um aumento do consumo de lenha per capita. O uso da lenha associado ao GLP pode ser observado em

todo o Brasil, com exceção dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal. Os consumidores exclusivos de lenha concentram-se na região do semiárido brasileiro, principalmente, no Norte do Estado de Minas Gerais, no interior dos Estados da Bahia, Pernambuco, Ceará, Piauí e Maranhão (GOLDEMBERG e LUCON, 2007; UHLIG, 2008).

1.3.1.3 Produção e Consumo de Lenha no Nordeste Brasileiro

No Nordeste brasileiro, a exploração de recursos florestais foi caracterizada, ao longo dos anos, por uma intensidade diferenciada em relação ao processo de ocupação de outras regiões brasileiras. Com a chegada dos colonizadores houve uma grande exploração dos recursos naturais. A demanda de corantes para tecidos na Europa proporcionou a exploração das reservas de pau-brasil. Este modo de produção predatório foi potencializado com a produção do açúcar para os europeus, o que provocou devastação de áreas de florestas úmidas da Zona da Mata (DEAN, 1996; GRILLO, OLIVEIRA e TABARELLI, 2006).

A utilização da lenha como fonte energética, no Nordeste brasileiro, coincidiu com o processo de ocupação do homem. Isto ocorreu quando a lenha e o carvão vegetal, juntamente ao bagaço da cana, eram as únicas fontes energéticas locais disponíveis. Para Riegelhaupt e Pareyn (2010), o uso tradicional da lenha acompanhou o crescimento da população até meados de 1974. A crise petrolífera de 1974 impulsionou o aumento do consumo de lenha e carvão vegetal por meio de políticas de redução do uso de hidrocarbonetos. Tais políticas junto à crescente urbanização aumentou o consumo de lenha por parte de indústrias do ramo da construção civil (tijolos, telhas, cal, cimento e gesso).

A lenha consumida na região do Nordeste é proveniente do manejo florestal sustentável, de reflorestamentos e plantios de florestas, ou de desmatamento. O manejo é considerado uma fonte secundária, de forma que abastece apenas cerca de 6% do consumo total. Os plantios florestais representam apenas uma pequena parte da oferta, sendo observado principalmente na Bahia. Enquanto que o desmatamento trata-se da principal fonte, fornecendo em torno de 80% da lenha e carvão vegetal produzidos no Nordeste (APNE, 2008).

No Estado da Bahia, verificou-se que a principal consumidora de lenha é a indústria de cerâmica vermelha, onde o seu mercado limita-se ao âmbito regional. Isto ocorre devido

ao frete que encarece o preço do produto final. Na Região Metropolitana de Salvador (RMS) existem cerca de 30 fábricas distribuídas pelos municípios da região. Apenas o polo cerâmico no município de Ibiassucê consome em torno de 14.040 m³ de lenha por ano. Deste montante, 39% são oriundas de florestas plantadas pelos próprios ceramistas. A aquisição da lenha é de acordo com a demanda, não havendo estoque de lenha para a produção (AZEVEDO, 2011).

Outra importante indústria, em relação ao consumo de lenha, é a de papel e celulose. Este setor detém a 4^a (quarta) posição no setor de transformação industrial do Estado da Bahia. Os investimentos observados neste setor devem-se ao fator atratividade, tendo em vista os altos rendimentos provenientes dos níveis de produtividade verificados na região. O custo de produção do eucalipto (US\$ 300/t) é bem competitivo comparado à média internacional (US\$ 500/t). Este custo competitivo pode ser explicado pelos seguintes fatores: qualidade do solo, condições climáticas favoráveis, disponibilidade de terras baratas e topografia plana (VIEIRA, CAVALCANTE e MACEDO, 2000).

No Rio Grande do Norte, algumas atividades se destacam pelo uso indiscriminado dos recursos naturais, especialmente, da vegetação utilizada como fonte de energia. A indústria ceramista é considerada como a principal renda para os municípios do Seridó. Esta atividade se expandiu desordenadamente, assim como a demanda das matérias-primas: argila e lenha. As cerâmicas produzem, em média, cinco fornos por semana; o equivalente ao consumo de 75 metros estéreos (mst) de lenha. Outros segmentos que demandam lenha são: queijeiras, panificadoras, olarias, caieiras, carvoarias, casas de farinha, docerias, engenho, alambique, mineração e indústria têxtil (MORAIS, 2004).

Com os desmatamentos verificados no Rio Grande do Norte, principalmente, no Seridó, foram encontradas algumas alternativas: pó de madeira, casca de coco, bagaço da cana-de-açúcar, óleo diesel e borracha. Para Moraes (2004), tais alternativas juntamente a instalação de equipamentos, a exemplo das ventoinhas, tem reduzido o consumo de lenha na região.

O Polo Gesseiro do Araripe, arranjo produtivo local do Estado de Pernambuco, também, é um grande consumidor de lenha no Nordeste. Este polo representa 95% da produção de gesso no Brasil. A matriz energética da indústria gesseira é composta por: 3% de energia elétrica, 5% de óleo diesel, 8% de óleo BPF (Baixo Poder de Fusão), 10% de coque e 73% de lenha. Da lenha utilizada, apenas 11,75% provém de planos de manejo

florestal, 0,1% de reflorestamentos energéticos com eucalipto e 88,24% não possui licenciamento ambiental (CAMPELLO, 2013).

Para Campello (2013), essas práticas insustentáveis, nos processos produtivos, associados à necessidade da lenha para a matriz energética do Nordeste brasileiro, promovem uma grave degradação ambiental; o que ocasiona em um processo de desertificação.

1.3.2 Estudos Precursores na Economia Regional e Espacial

A definição de Economia Regional se consolidou em meados da década de 1950. A Escola Histórica Alemã contestou os economistas clássicos, reforçando a importância locacional das atividades econômicas. Para esta Escola, os fatores locacionais de cada país explicavam as suas vantagens comparativas em determinadas atividades produtivas. Porém, foi Von Thünen quem iniciou os estudos na Economia Espacial com a teoria da localização (FERREIRA, 1989).

Em seu trabalho “O Estado Isolado”, Thünen objetivou determinar o preço e verificar como a produção agrícola era distribuída no espaço. O modelo foi com base nos preços da terra, na sua quantidade e nos custos de transporte. Numa cidade rodeada de atividades agrícolas, os agricultores pagam aluguel ao proprietário. As áreas próximas ao mercado apresentam baixos custos de transporte e um alto custo do solo. Enquanto que se as áreas cultivadas forem distantes do mercado, haverá um alto custo de transporte e um baixo custo do solo (RÍOS, 2010).

A Economia Regional e a Economia Espacial referem-se ao fornecimento de elementos relevantes para a compreensão do processo de consolidação das regiões. As teorias clássicas de desenvolvimento regional sugerem a existência de uma força motriz de caráter exógeno que influencia as atividades econômicas de uma região. A Base de exportação, contribuição de Douglass C. North, é uma destas teorias. North, a partir da exportação do principal produto produzido pela região, verificou o início do desenvolvimento regional (NORTH, 1977).

Outras teorias precursoras da Economia Espacial foram as teorias de transbordamento. Autores como Myrdal e Hirschman desenvolveram as contribuições de Marshall no que se refere aos benefícios da aglomeração por meio do reconhecimento da importância do desenvolvimento desigual inter-regional. Tais autores apontam que

determinadas vantagens locais promovem uma desigualdade inicial entre territórios, bem como no processo de desenvolvimento subsequente. Myrdal diz que a acumulação de capital pode gerar efeitos de transbordamento (*spillovers*), fazendo com que ocorra uma expansão do capital para as áreas próximas. Já Hirschman afirma que a capacidade de crescimento da região pode desencadear um efeito transbordamento, o qual incluirá cada vez mais regiões, diminuindo assim, a desigualdade (SCHUMACHER, 2013).

A corrente teórica “Nova Geografia Econômica”, também, merece destaque como estudos que precederam a Economia Espacial. A Nova Geografia Econômica trabalha com os conceitos da teoria de localização incorporando-os numa estrutura de equilíbrio geral. Os autores que fazem parte desta linha tentam reinserir na corrente principal da economia a dimensão espacial. Em geral, o principal objetivo da Nova Geografia Econômica é a compreensão das forças econômicas que explicam a distribuição no espaço da atividade humana (CRUZ et al., 2011).

1.3.3 Indicadores de Localização e Especialização

As medidas de localização e especialização são métodos de análise regional utilizados na formulação de políticas de descentralização industrial e para o conhecimento dos padrões regionais do crescimento econômico (HADDAD, 1989).

As medidas de localização, segundo Haddad (1989), identificam padrões de concentração ou dispersão espacial do emprego de um determinado setor, em um período ou entre mais de um período. Os indicadores mais usados na análise regional são: quociente locacional, coeficiente de localização, coeficiente de associação geográfica e o coeficiente de redistribuição.

Haddad (1989) define as medidas de especialização como indicadores que tratam da análise da estrutura produtiva de cada região, de modo a verificar o grau de especialização das economias em um dado período, bem como o processo de diversificação entre dois ou mais períodos. Entre tais medidas, ressalta-se: o coeficiente de especialização e o coeficiente de reestruturação.

A análise dos quocientes e coeficientes apresenta uma limitação fundamental: impossibilidade de estabelecer ou identificar uma relação de causa e efeito. Ou seja, os indicadores indicam apenas o comportamento locacional, de modo que não identificam as

forças econômicas que produzem tal comportamento. No entanto, auxiliam na percepção destas associações (LODDER, 1974).

1.3.3.1 Medidas de Localização

O quociente locacional (QL) permite a comparação entre a participação percentual de uma região, em um dado setor, e a participação percentual desta região no total de emprego da economia de referência. Caso o valor do indicador seja maior que 1, indica que a região possui uma maior importância, em relação ao setor, do que em termos de todos os setores (LODDER, 1974).

De acordo com Haddad (1989), este indicador tem sido utilizado para sinalizar quais os setores de uma região possuem possibilidades para atividades de exportação. Logo, um quociente locacional maior que 1 indicará que a atividade na região é básica (voltada para a exportação). Enquanto que um quociente menor que 1, representará uma atividade não-básica (voltada para o mercado da própria região). Após esta distinção, Lodder (1974) formula a hipótese de que o crescimento regional depende da expansão do setor básico. Logo, as exportações são fundamentais na determinação do nível absoluto e per capita da renda na região.

O quociente locacional é expresso pela seguinte equação:

$$QL = \frac{E_{ij} / \sum_j E_{ij}}{\sum_i E_{ij} / \sum_i \sum_j E_{ij}} \quad (1.1)$$

em que:

E_{ij} = o número de empregados no setor i da região;

$\sum_j E_{ij}$ = o número de empregados no setor i de todas as regiões;

$\sum_i E_{ij}$ = o número de empregados em todos os setores da região j ;

$\sum_i \sum_j E_{ij}$ = o número de empregados em todos os setores e todas as regiões.

O coeficiente de localização (CL) relaciona a distribuição percentual da mão de obra de um determinado setor entre as regiões com a distribuição percentual do emprego

total nacional entre as regiões. Os valores deste indicador variam entre 0 e 1. Valores iguais a 0 indicam que o setor i está distribuído regionalmente da mesma maneira que o conjunto de todos os setores. Enquanto que valores próximos a 1, mostram que o setor i possui uma maior intensidade no padrão de concentração regional comparado ao conjunto de todos os setores (BENDAVID-VAL,1991).

Este indicador serve para políticas de diversificação regional, pois identifica o grau de dispersão relativa das atividades econômicas, verificando quais possuem uma menor tendência à concentração espacial (HADDAD, 1977). O coeficiente de localização é expresso por:

$$CL_i = \frac{\sum_j \left| \left(\frac{E_{ij}}{\sum_j E_{ij}} \right) - \left(\frac{\sum_i E_{ij}}{\sum_i \sum_j E_{ij}} \right) \right|}{2} \quad (1.2)$$

O coeficiente de associação geográfica (Cag) apresenta a associação geográfica entre duas atividades econômicas (i e k), comparando as distribuições percentuais de emprego, entre as regiões. Caso o valor obtido para o coeficiente se aproxime de 0, significa que o ramo da atividade i está distribuído regionalmente da mesma forma que a atividade k ; estando assim, associados geograficamente. Se o valor for próximo a 1, indica que as atividades não estão associadas geograficamente (LIMA et al., 2006). A expressão que representa o Cag é:

$$Cag_{ik} = \frac{\sum_j \left| \left(\frac{E_{ij}}{\sum_i E_{ij}} \right) - \left(\frac{E_{kj}}{\sum_i E_{ij}} \right) \right|}{2} \quad (1.3)$$

O coeficiente de redistribuição (CRED) compara a distribuição percentual da mão de obra de um setor em dois períodos, ano base 0 e ano 1. Possui como finalidade verificar a predominância de algum padrão de concentração espacial ou dispersão espacial para o setor, ao longo do tempo. Coeficientes próximos a 0 mostram que não houve mudanças significativas no padrão espacial de localização do setor. Enquanto que valores próximos a

1, indicam a ocorrência de mudanças (SOUZA et al., 2007). O CRED é representado pela equação abaixo:

$$CRED = \frac{\sum_j \left| \overbrace{(E_{ij} / \sum_j E_{ij})}^{t_0} - \overbrace{(E_{ij} / \sum_j E_{ij})}^{t_1} \right|}{2} \quad (1.4)$$

1.3.3.2 Medidas Regionais

O coeficiente de especialização (CE) compara a economia de uma região com a economia nacional. Sendo o valor do coeficiente igual a 0, tem-se que a região j possui uma composição setorial idêntica à nacional. Para coeficientes iguais a 1, verifica-se um alto grau de especialização associado a um determinado setor, ou que a região apresenta uma estrutura de empregados totalmente diversa da estrutura de emprego nacional (PIACENTI et al., 2008). O CE é determinado por:

$$CE = \frac{\sum_i \left| (E_{ij} / \sum_i E_{ij}) - (\sum_j E_{ij} / \sum_i \sum_j E_{ij}) \right|}{2} \quad (1.5)$$

O coeficiente de reestruturação (Cr) relaciona a estrutura da mão de obra por região entre dois períodos, ano-base 0 e ano 1. Este indicador verifica o grau de mudanças na especialização de cada região. Valores iguais a 0 mostram que não houve modificações na composição setorial da região. Enquanto que valores iguais a 1 indicam uma reestruturação significativa na composição setorial da região (HADDAD, 1989). O Cr é definido por:

$$Cr = \frac{\sum_i \left| \overbrace{(E_{ij} / \sum_i E_{ij})}^{t_0} - \overbrace{(E_{ij} / \sum_i E_{ij})}^{t_1} \right|}{2} \quad (1.6)$$

1.3.4 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Nos processos espaciais, há uma imbricação entre os efeitos da dependência espacial e heterogeneidade espacial, pois a heterogeneidade espacial pode promover a dependência espacial e, o contrário também é observado. Isto pode dificultar a especificação de modelos econométricos espaciais adequados, induzindo a parâmetros ineficientes, tendenciosos e inconsistentes. Com isso, se faz necessário uma análise exploratória de dados espaciais (AEDE) para auxiliar no processo de especificação dos modelos (ANSELIN, 1988).

A AEDE trata-se de um conjunto de técnicas utilizadas na descrição e identificação de distribuições espaciais, bem como de localidades atípicas (*outliers* espaciais) e padrões de associação espacial (*clusters* espaciais); além de sugerir diversos regimes espaciais e outras formas de instabilidade espacial. Ressalta-se que este tipo de análise é mais adequado na investigação de variáveis espacialmente densas ou intensivas, pois as variáveis extensivas tendem a estar correlacionadas com a área ou população total da região; o que pode induzir a resultados enganosos (ANSELIN, 1999; ANSELIN, 2005).

Na aplicação da AEDE, devem ser considerados a autocorrelação espacial e a heterogeneidade espacial; tendo em vista que tais efeitos espaciais são o ponto inicial para a análise espacial (BARRETO, 2007).

1.3.4.1 Autocorrelação espacial

A autocorrelação espacial (dependência espacial) é proveniente da interação dos agentes por meio das regiões. Trata-se de um caso especial da *cross sectional dependence*, ocorrendo quando as unidades de corte transversal são interdependentes entre si. Desta forma, observa-se a importância da autocorrelação na verificação se a distribuição de alguma variável de interesse, em uma determinada região, interfere nas regiões vizinhas (ALMEIDA, 2012; CLIFF e ORD, 1973).

O conceito de autocorrelação espacial reflete a Lei de Tobler, sendo esta denominada de Primeira Lei da Geografia. Esta Lei diz que tudo depende de tudo o restante, de modo que o que se encontra mais próximo possui uma maior dependência comparado ao que está mais distante. A noção de proximidade deve ser considerada nesta lei, pois pressupõe a ideia de distância relativa entre as regiões e seus efeitos. No entanto, é

importante destacar que a distância não deve ser compreendida apenas no sentido geográfico, e sim, como distância social, distância econômica, distância política, etc. (AMSELIN, 1988).

Para Tavares (2009), há dois motivos que justificam a mensuração da dependência espacial. A primeira razão é o fato de indicar até que ponto as inferências estatísticas estão inconsistentes. E, o segundo motivo é que descreve o padrão espacial geral e possibilita a detecção de desvios significativos.

Almeida (2012) afirma que há três fontes primárias de dependência espacial: a interação espacial, o erro de medida dos dados espaciais e a má especificação do modelo. A primeira fonte (interação espacial) é de natureza teórica e relaciona-se a vários processos espaciais, sendo um deles o processo de difusão. Este processo de difusão é caracterizado pela adoção de uma característica de interesse por parte dos elementos de uma população fixa, onde a qualquer momento, torna-se possível descobrir a proporção da população que já adotou tal característica.

O segundo processo espacial que o autor cita é a troca de bens e serviços, bem como a transferência de renda entre as regiões. Neste processo, observa-se que a renda auferida numa determinada região pode ser despendida em outro local, o que faz com que o efeito multiplicador regional da renda desempenhe um papel relevante neste processo; uma vez que transfere poder de compra por meio de vazamentos de renda.

O terceiro processo, segundo Almeida (2012), refere-se ao comportamento estratégico, o qual é considerado uma característica fundamental tendo em vista que envolve interações onde eventos de uma região influenciam e são influenciados por eventos de outras regiões, implicando competição e/ou cooperação entre si. Já o quarto processo é relativo ao espraiamento de um atributo. Neste processo, ao contrário do processo de difusão, é a própria população que se espalha; o que faz com que este espraiamento gere dependência espacial no atributo.

A segunda fonte de dependência espacial, os chamados erros de medida, ocorrem pela falta ou baixa correspondência entre o escopo do fenômeno em estudo e o zoneamento disponível das unidades espaciais no que se refere aos dados. Tais erros de medida tendem a transbordarem de uma unidade espacial para outra, promovendo assim, uma dependência espacial. Em relação a terceira fonte de dependência, verifica-se que a mesma está atrelada a má especificação do modelo, a exemplo da omissão de variável relevante, exibindo um

padrão espacial. Outro erro de especificação é a influência de *outliers* ou de pontos de alavancagem (ANSELIN, 1988).

Além dos problemas como a dependência, há outros problemas atrelados aos dados espaciais que podem ser danosos à análise econométrica, tais como: a falácia ecológica, a qual está relacionada ao problema da inferência ecológica; o problema da unidade de área modificável, sendo este denominado de MAUP; o efeito de beirada e a influência dos *outliers* espaciais (ALMEIDA, 2012).

O primeiro problema (falácia ecológica) refere-se às conclusões acerca do indivíduo por meio de dados agregados, tendo em vista que os resultados observados podem ser diferentes daqueles que seriam obtidos caso fossem usados dados individuais. O MAUP, o problema da unidade de área modificável, está atrelada ao fato de que a definição espacial das fronteiras das áreas influencia os resultados obtidos, de modo que ao alterar as fronteiras entre as áreas, os resultados a serem obtidos serão diferentes. Logo, os coeficientes de correlação podem se diferenciar ao comparar os resultados a nível individual com os observados a nível de áreas por conta do efeito de escala (DARMOFAL, 2006).

O terceiro problema, o efeito de beirada, manifesta-se quando as regiões na área de estudo não conseguem capturar a dependência espacial em sua totalidade, caracterizando-se em um importante problema metodológico. Este efeito afeta a inferência estatística e é originado do fato de que a dependência espacial pode transcender as fronteiras do conjunto de dados (WALLER e GOTWAY, 2004).

Já os *outliers* espaciais, estes são definidos como observações que apresentam uma dependência espacial distinta das outras observações vizinhas e podem estar relacionados aos processos de obtenção e armazenagem dos dados, gerando erros de medida. Tais *outliers* também podem sinalizar efetivamente valores superiores que necessitem de uma investigação detalhada, tendo em vista que são capazes de fornecer informações importantes a respeito do fenômeno em estudo (ALMEIDA, 2012).

1.3.5.2 Matrizes de Ponderação Espacial

Uma matriz de ponderação espacial (W) reflete um determinado arranjo espacial das interações provenientes do fenômeno em estudo. Cada interação entre duas regiões é representada numa célula desta matriz, sendo chamada de peso espacial. Em geral, a

proximidade entre as regiões é utilizada como um grau de conexão. Esta proximidade não segue um critério apenas geográfico, podendo ser um critério socioeconômico ou outro critério relevante para o fenômeno em estudo (ALMEIDA, 2012).

A matriz de ponderação espacial trata-se de uma matriz quadrada com dimensão n por n , simétrica, não estocástica e todos os seus elementos são finitos e não negativos. Como os pesos espaciais w_{ij} mostram o grau de conexão entre as regiões, a escolha do peso da matriz W se caracteriza como importante (FIGUEIREDO, 2002).

1.3.5.3 Matriz binária

A dimensão de uma matriz W é determinada pelo número de observações, onde o peso w_{ij} representa a interação espacial entre a observação i e j . Numa matriz binária, este peso espacial w_{ij} reflete relações de contiguidade. A vizinhança baseada na contiguidade consiste na ideia de que duas regiões são vizinhas caso compartilhem de uma fronteira física comum (ANSELIN, 2003).

Com base no conceito de contiguidade, é atribuído o valor “1” quando as observações i e j são vizinhas. Enquanto que para outras observações, atribui-se valor 0. Como uma região não pode ser considerada vizinha de si própria, a diagonal principal da matriz é composta por valores nulos (ALMEIDA, 2012). Formalmente, a relação de contiguidade na matriz de pesos espaciais (W) é dada pela equação:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ e } j \text{ são contíguos} \\ 0 & \text{se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos} \end{cases} \quad (1.7)$$

Há inúmeras possibilidades para a definição de contiguidade, de acordo com diferentes convenções: rainha (*queen*), torre (*rook*) e bispo (*bishop*), conforme a Figura 1.1. A convenção de contiguidade é rainha quando os vértices, além das fronteiras com extensão diferente de zero, forem contíguos na visualização de um mapa. Na convenção torre, apenas as fronteiras físicas com extensão diferente de zero entre as regiões são consideradas. E, caso apenas os vértices forem considerados, tem-se a convenção bispo (ALMEIDA, 2012).

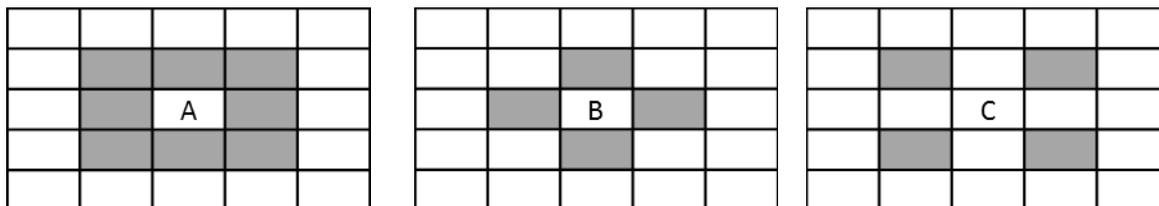


Figura 1.1. Convenção (A) “rainha”, (B) “torre” e (C) “bispo” de contiguidade.
Fonte: Almeida (2012).

A matriz binária de contiguidade apresenta a desvantagem de não garantir o equilíbrio da conectividade, pois podem existir regiões com uma maior quantidade de vizinhos comparada às outras. Para suprir este aspecto, sugere-se a adoção da matriz dos k vizinhos mais próximos, $w_{ij}(k)$, onde a base é a distância geográfica (ANSELIN, 2003). Esta matriz também é binária e expressa por:

$$w_{ij}(k) = \begin{cases} 1 & \text{se } d_{ij} \leq d_i(k) \\ 0 & \text{se } d_{ij} > d_i(k) \end{cases} \quad (1.8)$$

Onde,

d_{ij} = distância entre as regiões i e j .

$d_i(k)$ = distância de corte para a região i possuir exatamente k vizinhos.

1.3.4.4 Indicadores de Autocorrelação Espacial

Para Garcia, Soares e Moro (2006), há vários testes para detectar a dependência espacial. Na literatura, o procedimento mais utilizado é o I de Moran. Este indicador é uma medida de autocorrelação espacial em um processo estocástico espacial. O I de Moran é usado para se obter uma visão global dos processos de interação espacial entre as regiões, sem fornecer a estrutura regional da autocorrelação. A estatística I de Moran pode ser expressa da seguinte forma:

$$I_t = \left(\frac{n}{S_0} \right) \left(\frac{z_t W z_t}{z_t z_t} \right) \quad t = 1, \dots, n \quad (1.9)$$

Onde z_t é o vetor de n observações para o ano t da variável de interesse, na forma de desvio

em relação à sua média. Enquanto que W é a matriz de pesos espaciais. Já o termo So é um escalar igual à soma de todos os elementos de W .

Valores para o I de Moran próximos a $+1,0$, indicam que há correlação positiva e que os valores altos estão cercados por valores também altos, enquanto que valores próximos a $-1,0$ sinalizam que valores altos estão cercados por valores baixos. Já se o valor do I de Moran for igual a 0 , tem-se que não há dependência espacial.

Um instrumento importante na AEDE é o Diagrama de Dispersão de Moran (Figura 2), pois facilita a interpretação do coeficiente de Moran e reflete a estrutura espacial. Este diagrama apresenta quatro quadrantes: Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA). Os pontos localizados nos quadrantes AA e BB indicam que possuem altos e/ou baixos valores da variável de interesse. Estes pontos estão cercados por pontos que também possuem altos e/ou baixos valores. Os pontos localizados nos quadrantes BA e AB representam um grupo com baixo/alto valor da variável de interesse rodeado por pontos com alto/baixo valor (CAPUCHO, 2010).

O I de Moran Global é uma boa ferramenta para auxiliar na decisão se o agrupamento é uma tendência geral dos dados. Porém, tal indicador pode esconder padrões de associações locais. Com base neste aspecto, Anselin (1995) propôs o I de Moran local. Este índice produz um valor específico para cada objeto, de modo a identificar *clusters*, *outliers* e mais de um regime espacial.

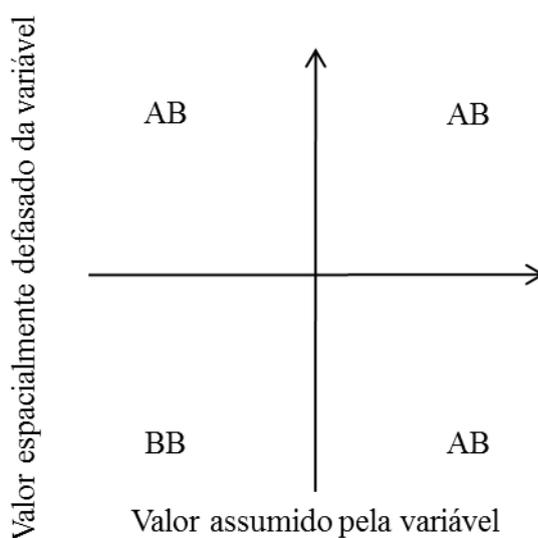


Figura 1.2. Diagrama de Dispersão de Moran.
Fonte: Pimentel e Haddad (2004).

O I de Moran local é expresso pela equação abaixo:

$$I_i = z_i \cdot wz_i / \sigma^2 \quad (1.10)$$

em que,

I_i = índice local para o objeto i ;

z_i = valor do desvio do objeto i ;

wz_i = valor médio dos desvios dos objetos vizinhos de i ;

σ^2 = variância da distribuição dos valores dos desvios.

1.3.4.5 Heterogeneidade Espacial

A heterogeneidade espacial ocorre quando há instabilidade estrutural por meio das regiões. É proveniente da omissão de variáveis e outros tipos de erro de mensuração, gerando a instabilidade estrutural. O princípio da heterogeneidade espacial é conhecido como Segunda Lei da Geografia, conforme Goodchild (2004). Em dados de corte transversal, a heterogeneidade pode ser representada como:

$$y_i = f_i(X_i, \beta_i, \xi_i) \quad \xi_i \sim (0, \Omega) \quad (1.11)$$

em que,

f_i = forma matemática funcional

ξ_i = termo de erro.

Ω = matriz de variância e covariância, tendo a diagonal principal formada por não constantes.

De acordo com Anselin (1999), o estudo da heterogeneidade espacial se faz importante por três aspectos: como a instabilidade ocorre no espaço, a localização das observações deve ser considerada com o intuito de definir a forma de instabilidade; a característica espacial da estrutura faz com que a heterogeneidade aconteça em conjunto com a autocorrelação; e, a autocorrelação e heterogeneidade podem ser verificadas como equivalentes.

1.3.5 Modelo de Convergência

Os modelos de convergência possuem como base teórica a Teoria Neoclássica, onde se considera progresso tecnológico, poupança exógena, taxas de retornos decrescentes dos fatores de produção e tendência a um estado estacionário. Na literatura, os modelos de crescimento econômico, em sua maioria, tratam de variáveis como a renda e a renda per capita. Conforme os modelos de convergência, ao considerar economias com preferências e tecnologias similares, as economias mais pobres possuem uma tendência de crescimento mais rápido do PIB comparado às mais ricas; o que reduz a distância de desenvolvimento entre elas (SPOHR e FREITAS, 2011).

Segundo Souza e Porto Junior (2002), a ausência de incremento tecnológico faz com que o crescimento dos estados mais ricos se esgote. Isto ocorre devido à queda na taxa de retorno dos investimentos. Sendo assim, observa-se a existência de um ponto de equilíbrio estável (estado estacionário), onde todas as economias tendem ao mesmo nível de crescimento do PIB.

Solow (1956; 1957) foi um dos pioneiros nesta discussão. O modelo de Solow com progresso tecnológico é expresso pela seguinte função de produção:

$$Y = F(K, A, L) \tag{1.12}$$

em que,

K = Capital;

L = Trabalho, e;

A = tecnologia.

Neste modelo de Solow (1956; 1957), o progresso tecnológico é considerado exógeno e é determinante do crescimento per capita sustentado. O modelo explica que os diferenciais das rendas per capita são provenientes das diferenças nas taxas de investimento e de crescimento populacional. Desse modo, as economias pobres apresentam maiores taxas de crescimento em relação às ricas.

Em 1980, surgiram os modelos de crescimento endógeno e o modelo de Solow foi modificado. Esta alteração foi a inclusão do capital humano. Ou seja, pessoas com maior escolaridade facilitarão o aumento da produtividade. Esta nova versão do modelo foi menos otimista que a versão mais simples, pois sugere que os rendimentos marginais

decrecentes, no uso dos fatores de produção, não é o suficiente para gerar a equiparação da renda per capita de economias pobres às das desenvolvidas (FERREIRA, 1995).

Conforme Esperidião, Meirelles e Bittencourt (2009), há duas formas de mensurar a convergência: σ -convergência e β -convergência. A σ -convergência refere-se à dispersão de valores de uma variável, de modo que há convergência quando a dispersão diminui ao longo do tempo. Enquanto que a β -convergência é relativa a taxa que a região se aproxima de seu estado estacionário. A β -convergência pode ser: absoluta, quando as economias convergem para o mesmo estado estacionário, ou condicional, quando as economias convergem para seus próprios estados estacionários.

Na convergência absoluta, a mola propulsora para a convergência entre países ou regiões se encontra nas diferenças observadas nas razões capital/trabalho e na presença de rendimentos decrescentes em relação ao capital. Geralmente, a convergência absoluta é testada via regressão de mínimos quadrados ordinários da taxa de crescimento do PIB em relação ao logaritmo da renda per capita inicial. Caso o coeficiente de β seja negativo, tem indício de ocorrência de convergência absoluta (FREITAS, 2010).

Entretanto, caso os diferenciais de renda per capita não sejam as únicas diferenças significativas entre os países ou regiões, a hipótese da β -convergência absoluta pode ser falha. As variáveis relevantes não foram consideradas na hipótese de convergência absoluta, as quais poderiam incrementar (ou não) o processo de convergência. Com isso, é indicada a aplicação da hipótese da convergência condicional (SALA-I-MARTIN, 1996).

As duas análises de convergência (absoluta e condicional) apresentam respostas de convergência para toda a amostra. Se observada divergência de renda, esta não elimina a presença de tendência de redução da disparidade de renda entre as regiões. Embora não haja evidências de convergência global, algumas unidades regionais podem se aproximar uma das outras em termos de renda per capita. Um grupo de regiões pode tender a um equilíbrio particular caso possuam atributos correspondentes ou se encontrem numa localização inicial que corresponda àquele equilíbrio. Esta ideia é conhecida como convergência em clubes, a qual se baseia na existência de equilíbrios múltiplos (QUAH, 1996).

Uma das abordagens utilizadas para contornar o problema da convergência de renda global é a estimação de modelos de convergência local. Pois, mesmo que o β global indique convergência, não implica que todas as regiões amostradas estejam convergindo.

Isto é, pode haver regiões que convergem, divergem e regiões que o β se mostrou inconclusivo (FREITAS, 2010).

1.3.6 Econometria Espacial

O termo “Econometria Espacial” foi introduzido por Jean Paelink, no início dos anos 70, para designar a área de estudo que trata de modelos econométricos multirregionais. A existência da econometria espacial é justificada por duas razões: a relevância da questão espacial intrínseca à ciência regional e o fato da distribuição dos dados no espaço poder apresentar dependência ou heterogeneidade (VIEIRA, 2009).

Os modelos econométricos espaciais buscam solucionar problemas provenientes da presença de efeitos espaciais na análise de regressão. O principal problema é a dependência espacial, sendo esta uma consequência da autocorrelação em variáveis explicativas, dependentes ou no termo de erro (SCHUMACHER, 2013).

1.3.5.1 Modelo de Defasagem Espacial (SAR)

O modelo autorregressivo espacial (*spatial autorregressive model*) é um dos modelos mais usados para modelagem de correlação espacial. Este modelo possui a mesma ideia dos modelos autorregressivos (AR) em séries temporais, pois incorpora um termo de *lag* entre os regressores da equação (CARVALHO YWATA e ALBUQUERQUE, 2011).

Para Anselin, Vargas e Acs (2000), o modelo pode ser expresso por:

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (1.13)$$

em que,

y = matriz de variáveis dependentes;

X = matriz de variáveis independentes;

β = coeficientes estimados na regressão;

ε = termo de erro distribuído com média zero e variância constante;

Wy = variável dependente defasada espacialmente;

ρ = intensidade das interdependências entre as observações amostrais da variável endógena.

1.3.5.2 Modelo de erro autorregressivo espacial (SEM)

O modelo de erro espacial (SEM), diferentemente do modelo SAR, parte da especificação de modelos MA (médias móveis) para observações no tempo. Os efeitos da autocorrelação espacial, no modelo SEM, estão relacionados ao termo de erro ε (CARVALHO YWATA e ALBUQUERQUE, 2011). O modelo pode ser representado pela expressão abaixo:

$$y = X\beta + \varepsilon, \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \xi \quad (1.14)$$

em que,

$W\varepsilon$ = erros com efeito espacial;

ξ = erros aleatórios com média zero e variância σ^2 ;

λ = coeficiente autoregressivo.

Ressalta-se que a hipótese nula para a ausência de autocorrelação é que $\lambda = 0$. Embora esteja implícito como variável explicativa, o parâmetro espacial λ aparece na estimação da matriz β dos coeficientes da regressão (RÊGO e PENA, 2012).

1.3.6 Análise de Ciclo de Vida (ACV)

A Análise de Ciclo de Vida (ACV), de acordo com Pires et al. (2002), é uma técnica que possibilita avaliar os impactos ambientais de um produto ou processo. Este tipo de análise é realizada sobre toda a “vida” do produto ou processo, desde a extração das matérias primas até o final da vida (quando o produto deixa de ter uso e passa a ser considerado como resíduo), passando por todas as etapas intermediárias (produção, distribuição e utilização).

O termo ACV, ou em inglês “*Life Cycle Assessment*” (LCA), foi usado, inicialmente, nos Estados Unidos no ano de 1990, pois desde 1970, os estudos de ciclo de vida ambiental eram chamados de “*Resource and Environmental Profile Analysis*”. O

marco inicial do desenvolvimento da ACV foi quando o instituto “*Midwest Research institute*” (MRI) iniciou um estudo nas embalagens de cervejas e sumos (GUINÉE, 1995).

A ACV possui sua estrutura e normatização baseadas na Organização Internacional para Normalização (ISO), composta pelas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). A ISO 14040 (2006) descreve os princípios para uma análise de ciclo de vida, incluindo: definição do objetivo da análise, a análise de inventário das fases do ciclo de vida, interpretação dos resultados e as limitações da análise. No entanto, não descreve a técnica de forma detalhada, nem tampouco especifica as metodologias para as fases individuais da ACV. Já a ISO 14044 se diferencia da ISO 14040 por apresentar as relações entre as fases da ACV e condições para o uso de valores e elementos opcionais.

Um estudo de ACV possui as seguintes vantagens: em conjunto com outras informações, pode auxiliar na tomada de decisão no que tange à seleção de produtos ou processos que apresentem um menor impacto para o ambiente e; permite verificar a transferência de impactos ambientais de um meio para outro (USEPA, 1995).

2 ARTIGO 1 - DISPARIDADE DA PRODUÇÃO DO EXTRATIVISMO VEGETAL NO NORDESTE BRASILEIRO (1994-2012)

RESUMO

A cobertura florestal é uma alternativa econômica, pois em região de abrangência a população obtém emprego e renda por meio da atividade extrativa. O extrativismo vegetal possui relevância para o Brasil e, principalmente, para o Nordeste, dentre outros fatores, devido à disponibilidade de vegetação. Este estudo analisou a disparidade do Valor Bruto da Produção (VBP) do extrativismo vegetal nordestino frente ao brasileiro, no período de 1994 a 2012. Para mensuração da disparidade foram utilizadas as medidas regionais e locais, com os indicadores: Quociente Locacional, Coeficiente Locacional, Coeficiente de Associação Geográfica, Coeficiente de Especialização, Coeficiente de Reestruturação e Coeficiente de Redistribuição. Após análise verificou-se que: Os produtos do extrativismo vegetal do nordeste não estão distribuídos da mesma forma que no Brasil; Com exceção dos produtos alimentícios e da madeira em tora, todos os produtos se mostraram relevantes para a economia nordestina; O grau de especialização do nordeste reflete uma composição diferenciada do Brasil.

Palavras-chave: economia florestal, medidas regionais, medidas locais.

**DISPARITY OF PRODUCTION OF VEGETAL EXTRACTION IN
NORTHEASTERN BRAZIL (1994-2012)**

ABSTRACT

The Forest cover can be treated as an economic alternative, since part of the population gets its income through the extractive activity. The extraction is relevant to Brazil and especially in the Northeast, due among other factors, the availability of vegetation. Thus, this study aims to analyze the performance of the extraction in the Northeast, in the period 1994-2012, pointing this way, the products that stood out in relation to the Gross Value of Production (GVP). To this end, regional and locational measures were used, and applied the following indicators: Location Quotient, Locational coefficient, Geographical Association coefficient, coefficient of specialization, coefficient of restructuring and redistribution. In the analysis, it could be verified that: The Northeast vegetation extraction products are not distributed in the same way in Brazil; With the exception of food products and round wood, all products were relevant to the Northeast economy; The specialization degree of the northeast reflects an different composition of Brazil.

Keywords: forestry economy, regional measures, locational measures.

2.1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, as florestas são utilizadas para satisfazer o bem-estar e o progresso da humanidade. Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar os recursos florestais disponíveis na natureza como fonte de insumos, tais como alimentos, remédios, forragem, fertilizantes, energia, fibra, resina, goma, construção civil, entre muitos outros (FAO, 2002).

A cobertura florestal no mundo atinge 3,9 bilhões de hectares, sendo 47% relativo às florestas tropicais, 33% às boreais, 11% às temperadas e 9% às subtropicais. A distribuição espacial da cobertura florestal mundial está concentrada na Europa e América do Sul (50% das florestas). A outra metade encontra-se na África, Ásia, América do Norte e uma pequena parte na Oceania. Dos 886 milhões de hectares de florestas localizados no continente latino-americano, 61% está no Brasil que é o segundo país com maior cobertura florestal no mundo (JUVENAL e MATTOS, 2002).

A cobertura florestal é uma alternativa econômica, pois em região de abrangência a população obtém emprego e renda por meio da atividade extrativa, que se subdivide em produtos florestais madeireiros e produtos florestais não madeireiros. O extrativismo pode ser definido como o processo de exploração dos recursos vegetais nativos que compreende a coleta de produtos como madeiras, látex, sementes, fibras, frutos e raízes de maneira racional ou de forma primitiva (IBGE, 2012).

Historicamente, o Nordeste brasileiro é uma região que concentra os focos de pobreza nacional. Desde período colonial, o nordeste substituiu o bioma Mata Atlântica pela cultura da cana-de-açúcar restando apenas alguns fragmentos florestais e, atualmente, a exploração da vegetação da região do semiárido. O extrativismo vegetal é de fundamental importância para a economia Nordestina. A vegetação nativa nordestina é a fonte de biomassa indispensável para o desenvolvimento, seja por meio de atividades produtivas e, ou, de subsistência. O extrativismo vegetal caracteriza-se como atividade relevante na região nordeste como geração de renda e ocupação de mão de obra (CLEMENT, 2006; CARVALHO e GOMES, 2007; SANTOS e GOMES, 2009).

Travassos e Souza (2014) analisaram a dinâmica da cadeia social e econômica do extrativismo vegetal, bem como o seu papel frente ao crescimento das áreas desertificadas no Cariri Paraibano. A população de baixa renda da região nordeste possui uma forte dependência dos produtos florestais como fonte de energia. A comercialização dos

produtos florestais cresce com o objetivo de atender a demanda interna (estadual) e externa. Ressalta-se ainda, as significativas remessas diárias de lenha para a cidade de Campina Grande e para o Polo Gesseiro de Pernambuco.

Mota et al. (2008) estudaram os processos relativos ao extrativismo e consumo da mangaba no Nordeste brasileiro. Os resultados apontaram que há tendências de "domesticação" para atender o aumento da demanda, sem que seja constituída uma concorrência para o extrativismo. Cavalcanti et al. (2000) identificaram as principais fontes de renda dos pequenos agricultores em duas comunidades do semiárido brasileiro no ano de 1998. As fontes de renda dos pequenos agricultores do semiárido estão fundamentadas na produção agrícola, na pecuária e no extrativismo vegetal.

Conforme exposto, observa-se a relevância da atividade extrativa para o Nordeste brasileiro. Contudo, não há estudos que trate a disparidade do extrativismo vegetal no nordeste brasileiro. Este artigo analisou a disparidade Valor Bruto da Produção do extrativismo vegetal nordestino frente ao brasileiro, entre 1994 a 2012.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados foram do valor bruto de produção (VBP) do extrativismo vegetal da região Nordeste com base no Brasil, no período de 1994 a 2012. Disponível no Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>.

Os produtos do extrativismo vegetal estão agrupados nos agregados: Alimentícios; Aromáticos, Medicinais, Tóxicos e Corantes; Borrachas; Ceras; Fibras; Gomas não elásticas; Carvão Vegetal; Lenha, Madeira em Tora; Oleaginosos e Tanantes. A decomposição destes agregados compreende: **1. Alimentícios** – abrange açaí (fruto), castanha de caju, castanha do Pará, erva mate cancheada, mangaba (fruto), palmito, pinhão, umbu (fruto) e outros; **2. Aromáticos, Medicinais, Tóxicos e Corantes** - engloba ipecacuanha ou poaia (raiz), jaborandi (folha), urucum (semente) e outros; **3. Borrachas** - compreende caucho, hevea (látex coagulado) e hevea (látex líquido); **4. Ceras** - inclui carnaúba (cera), carnaúba (pó) e outras; **5. Fibras** - abarca buriti, carnaúba, piaçava e outras; **6. Gomas não elásticas** – envolve balata, maçaranduba e sorva; **7. Carvão**

Vegetal; 8. Lenha; 9. Madeira em Tora; 10. Oleaginosos - abrange babaçu (amêndoa), copaíba (óleo), cumaru (amêndoa), licuri (coquilho), oiticica (semente), pequi (amêndoa), tucum (amêndoa) e outros; **11. Tanantes** - envolve angico (casca), barbatimão (casca) e outros.

Para uma análise mais precisa fez-se a correção monetária do VBP dos agregados do Extrativismo vegetal da Região Nordeste e do Brasil. O indicador econômico brasileiro utilizado foi o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), ano base 2012 = 100, disponível no site <<http://www.ipeadata.gov.br>>.

2.2.2 Medidas Locacionais e Regionais

Para Souza (1981), a Economia Regional compreende estudos acerca da diferenciação espacial e das inter-relações entre as áreas, dentro de um sistema nacional de regiões. Além de verificar os recursos escassos, analisam os quais são distribuídos de maneira desigual no espaço.

A Economia Regional Clássica utiliza as medidas de localização e medidas regionais. As medidas de localização servem para identificar os padrões de concentração ou dispersão espacial das atividades em um determinado período ou entre dois períodos. Os indicadores são: quociente locacional, coeficiente locacional, coeficiente de redistribuição e coeficiente de associação geográfica. As medidas regionais verificam o grau de especialização das economias regionais em um dado período. Para mensurar as medidas regionais, os indicadores são: o coeficiente de reestruturação e coeficiente de especialização (HADDAD, 1989).

Para MAZUR et al. (2013), o quociente locacional (QL) trata-se de uma medida que relaciona a participação relativa de determinado setor e/ou segmento produtivo na economia de uma dada região com a participação relativa desse mesmo setor e /ou segmento em uma região de referência. É calculado por:

$$QL = \frac{\frac{X_{ij}}{X_{Tj}}}{\frac{X_{iT}}{X_{TT}}} \quad (2.1)$$

em que,

X_{ij} = o Valor Bruto da Produção do produto i na região j ;

X_{Tj} = o Valor Bruto da Produção na região j ;

X_{iT} = o Valor Bruto da Produção do produto i no Total das regiões;

X_{TT} = o Total do Valor Bruto da Produção em todas as regiões investigadas.

Caso o valor do QL seja maior que 1, indica que a atividade em análise é relevante na região.

LIMA et al. (2006) afirma que o coeficiente de localização (CL) relaciona a distribuição percentual do VBP de um determinado produto em uma determinada região com a distribuição percentual do VBP na região de referência. A expressão é:

$$CL_i = \frac{\sum_j \left| (E_{ij} / \sum_j E_{ij}) - (\sum_i E_{ij} / \sum_i \sum_j E_{ij}) \right|}{2} \quad (2.2)$$

em que,

E_{ij} = o VBP do produto i na região j ;

$\sum_j E_{ij}$ = o VBP do produto i na região de referência;

$\sum_i E_{ij}$ = o VBP total na região j ;

$\sum_i \sum_j E_{ij}$ = o VBP total na região de referência.

Se o coeficiente de localização for igual a 0, significa que a produção de i está distribuída regionalmente da mesma maneira que a região considerada como referência. Já, se o valor for igual a 1, considera-se que possui um padrão de concentração regional mais intenso do que toda a região tida como referência.

O coeficiente de especialização (CE) trata-se de uma medida regional que compara a economia de uma região com a economia da região referência. Caso o CE seja igual a 0, a região apresenta composição idêntica à da região referência. Em contrapartida, valores iguais a 1 significa que há um elevado grau de especialização atrelado a um determinado produto (LIMA et al., 2006). O CE é determinado por:

$$CE = \frac{\sum_i \left| (E_{ij} / \sum_i E_{ij}) - (\sum_j E_{ij} / \sum_i \sum_j E_{ij}) \right|}{2} \quad (2.3)$$

O coeficiente de reestruturação (Cr) é uma medida que relaciona a estrutura de produção de uma determinada região entre dois períodos, verificando o grau de mudanças na especialização da produção. Valores iguais a 0 indicam que não houve mudanças na estrutura produtiva de determinado produto nessa região; enquanto que valores iguais a 1, demonstram uma reestruturação significativa (PIACENTI et al., 2008). O Cr é dado pela equação:

$$Cr = \frac{\sum_i \left| \overbrace{(E_{ij} / \sum_i E_{ij})}^{t_0} - \overbrace{(E_{ij} / \sum_i E_{ij})}^{t_1} \right|}{2} \quad (2.3)$$

Foram observados os períodos de 1994 com o ano 2000, 1994 com 2006 e 1994 com 2012.

O coeficiente de associação geográfica (Cag) representa a associação geográfica entre dois produtos (i e k). Os valores do Cag variam entre 0 e 1, onde valores próximos a 0 indicam que a produção de i está regionalmente distribuída da mesma forma que a produção de k , mostrando assim que os padrões locacionais dos dois produtos estão associados geograficamente. Já valores próximos a 1, indicam que não há nenhuma associação. (PIACENTI, ALVES e LIMA, 2008). O Cag é expresso:

$$Cag = \frac{\sum_j \left| \overbrace{(E_{ij} / \sum_i E_{ij})}^i - \overbrace{(E_{ij} / \sum_i E_{ij})}^k \right|}{2} \quad (2.4)$$

Piacenti et al. (2008) afirmam que o coeficiente de redistribuição ($CRED$) trata-se da relação da distribuição percentual do valor bruto de produção de um produto em dois períodos de tempo, verificando assim a ocorrência de algum padrão de concentração ou dispersão espacial na produção de determinado produto ao longo do tempo. Os valores do $CRED$ variam entre 0 e 1, sendo os valores próximos a 0 um indicativo que não tem ocorrido nenhuma alteração significativa no padrão espacial de localização da produção, enquanto que se verifica o contrário com valores próximos a 1. O $CRED$ é dado pela

$$CRED = \frac{\sum_j \left| \overbrace{\left(E_{ij} / \sum_j E_{ij} \right)}^{t_0} - \overbrace{\left(E_{ij} / \sum_j E_{ij} \right)}^{t_1} \right|}{2} \quad (2.5)$$

Foram observados os períodos de 1994 com o ano 2000, 1994 com 2006 e 1994 com 2012.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2.1 mostra a evolução do Valor Bruto de Produção para os agregados de produtos do Extrativismo vegetal, no Nordeste e no Brasil, no período de 1994 a 2012, corrigido pelo IGP-DI (Base 2012 = 100). O cenário do extrativismo vegetal do Nordeste (-3,08% a.a.) contraiu menos que o Brasil (-6,53% a.a.), no período em análise.

Observou que o VBP dos produtos alimentícios no Brasil apresentou maior redução (-1,19% a.a.) entre os anos de 1994 e 2012, enquanto que no Nordeste cresceu 0,92% a.a..

Tabela 2.1. Evolução do Valor Real Bruto de Produção do Extrativismo vegetal (R\$ 1.000,00), no Nordeste e no Brasil, no período de 1994 a 2012 (Base 2012 = 100).

Produtos	1994		2000		2006		2012	
	BR	NE	BR	NE	BR	NE	BR	NE
Alimentícios	754,37	27,37	498,39	23,01	382,37	24,69	608,05	32,31
Arom., Med., Tóx. e Corantes	12,58	8,15	7,42	5,55	5,34	2,11	1,68	1,21
Borrachas	40,44	-	19,06	-	11,90	0,01	6,68	0,06
Ceras	118,27	118,27	70,79	70,78	91,040	91,03	113,60	113,60
Fibras	258,18	254,84	259,52	231,79	133,56	111,14	114,12	109,79
Gomas não Elást.	0,16	-	0,19	-	0,21	-	0,01	-
Carvão Vegetal	851,64	164,23	540,48	143,58	1.119,40	365,86	577,79	297,10
Lenha	1.432,53	593,25	732,47	305,89	742,06	296,70	681,64	294,09
Madeira em Tora	10.708,86	658,63	2.363,22	303,47	2.809,57	604,86	2.006,51	139,49
Oleaginosos	152,59	143,48	136,17	129,02	167,95	158,96	139,10	132,99
Tanantes	0,36	0,31	0,240	0,23	0,14	0,13	0,16	0,14
Total	14.329,99	1.968,53	4.627,94	1.213,32	5.463,55	1.655,48	4.249,33	1.120,77

Fonte: IBGE (2014).

Para os produtos aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes, houve tendência de queda tanto no Brasil como no Nordeste, com retração no Brasil de 10,58% a.a.. Essa redução se explica pela redução da quantidade produzida, tendo o principal vilão o Urucum (semente). Para o agregado de ceras, o Nordeste é o principal produtor nacional. O mesmo acontece no agregado das fibras.

No período de 1994 a 2012, o carvão vegetal teve queda de 2,13% a.a. no VBP no Brasil, enquanto no Nordeste aumentou em 3,34% a.a.. A lenha teve queda de 4,04% e 3,82% a.a. no VBP do extrativismo no Brasil e no Nordeste, respectivamente.

A Figura 2.1 apresenta Evolução do Quociente Locacional, do Coeficiente Locacional e do Coeficiente de Especialização para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste com base no Brasil, no período de 1994 a 2012. A Figura 2.1.a. mostra a evolução do quociente locacional para os produtos do extrativismo vegetal no Nordeste com base no Brasil (1994 a 2012). Observou-se que todos os agregados são relevantes na economia nordestina, tendo referência o Brasil, no período de 1994 a 2012, com exceção dos agregados de alimentícios e da madeira em tora.

Sob a ótica dos produtos florestais madeireiros, nota-se que a lenha foi mais representativa (apresentou *QL* maior) que o carvão vegetal até 2008. De 2009 a 2012, o carvão vegetal superou a lenha apresentado pelo *QL*. Segundo o IBGE (2008), este aspecto deve-se aos estados do Maranhão e Piauí. Para o ano de 2008, esses estados foram os principais produtores extrativistas de carvão vegetal, sendo responsáveis por 23,9% e 7,6% da produção nacional, respectivamente.

Segundo o IBGE (2010) foi observado uma crescente fiscalização florestal, que influenciou na substituição do uso da lenha pelo Gás liquefeito de Petróleo (GLP). No entanto, após 2008 esta diferença do valor do *QL* para o carvão vegetal e a lenha, não é significativa, pois indica que ambos possuem a mesma grandeza no Nordeste.

A Figura 2.1.b. mostra a Evolução do Coeficiente Locacional para os produtos do extrativismo vegetal no Nordeste com base no Brasil (1994 a 2012). Percebe-se que o extrativismo vegetal na região do Nordeste não está distribuído da mesma maneira que o Brasil, pois os valores para o CL foram diferentes de zero. Entretanto, todos os agregados apresentaram *CL* menor que 1, o que configura que o Nordeste não possui uma concentração intensa de tais produtos. O agregado das ceras foi que mais se destacou dentre os produtos do extrativismo vegetal. Para o IBGE (2010), a cera de carnaúba possui demanda externa industrial e é um dos principais produtos da pauta de exportação do Piauí.

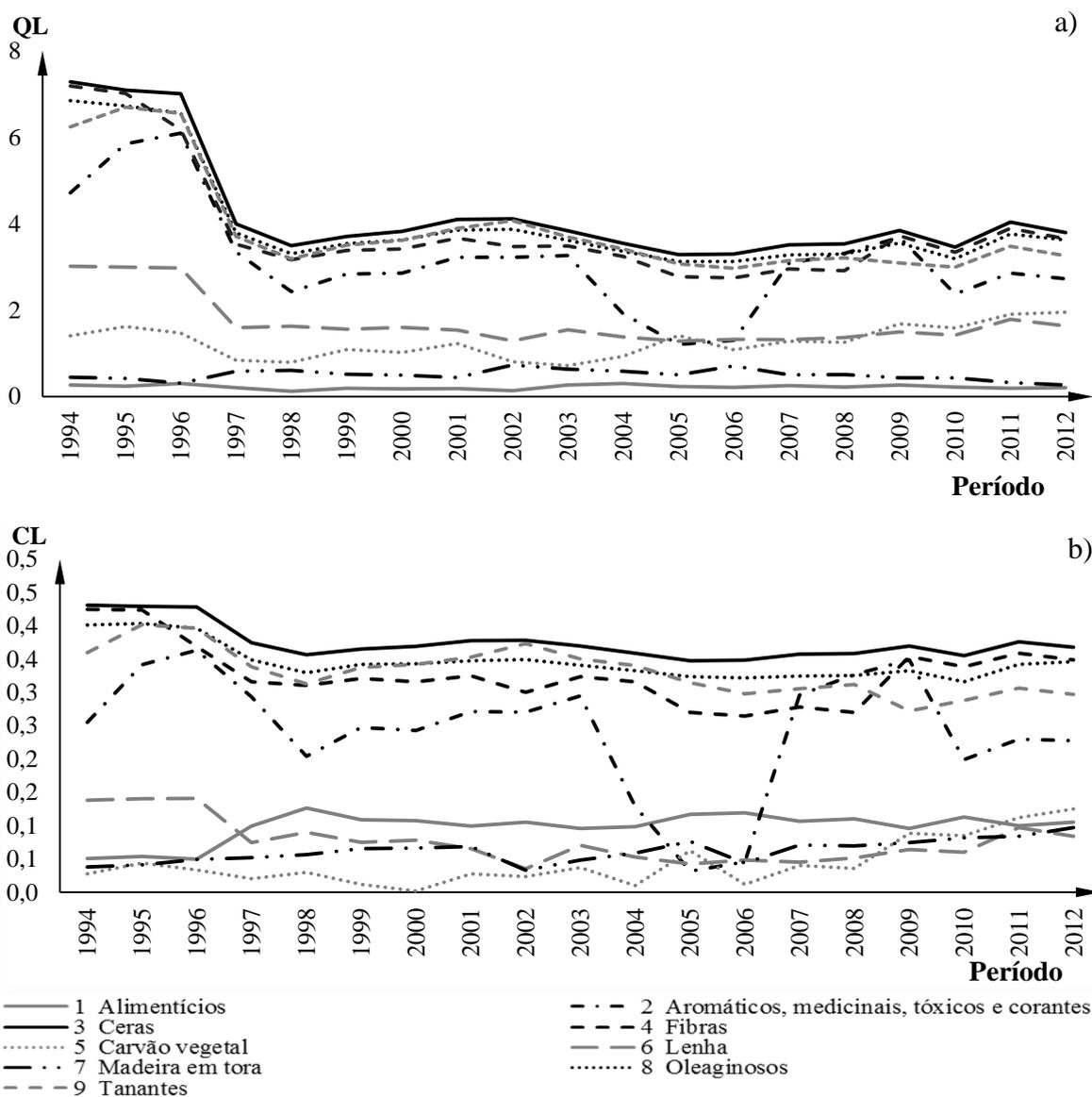


Figura 2.1. Evolução do Quociente Locacional e do Coeficiente Locacional para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste com base no Brasil, no período de 1994 a 2012.

Fonte: Elaboração própria.

Em 2010, por exemplo, o Piauí foi o responsável pela produção de 12.982 toneladas do pó de carnaúba de um total de 18.802 toneladas, enquanto que o Ceará participou com 5 267 toneladas, o Maranhão com 506 toneladas e o Rio Grande do Norte com 46 toneladas. Tratando-se dos maiores municípios produtores, observa-se que 13 são piauienses, 6 são cearenses e 1 se encontra no Maranhão. Tais municípios juntos foram responsáveis por 55% da produção nacional em 2010.

Referente ao grau de especialização se observou que a região Nordeste não possui uma especialização significativa no que se refere aos produtos do extrativismo, pois os valores relativos ao Coeficiente de Especialização (CE) foram menores que 1. Porém, o Nordeste não apresenta uma composição idêntica ao Brasil, pois tais valores foram diferentes de zero, conforme apresentado na Figura 2.2. Este resultado pode ser explicado pela produção de ceras e fibras, as quais são consideradas produtos relevantes para a economia nordestina. Destaca-se que o VBP destes agregados para a economia do Nordeste se equipara aos valores do VBP verificados para a economia nacional. Isto pode indicar uma especialização na produção dos agregados ceras e fibras, influenciando o indicador CE.

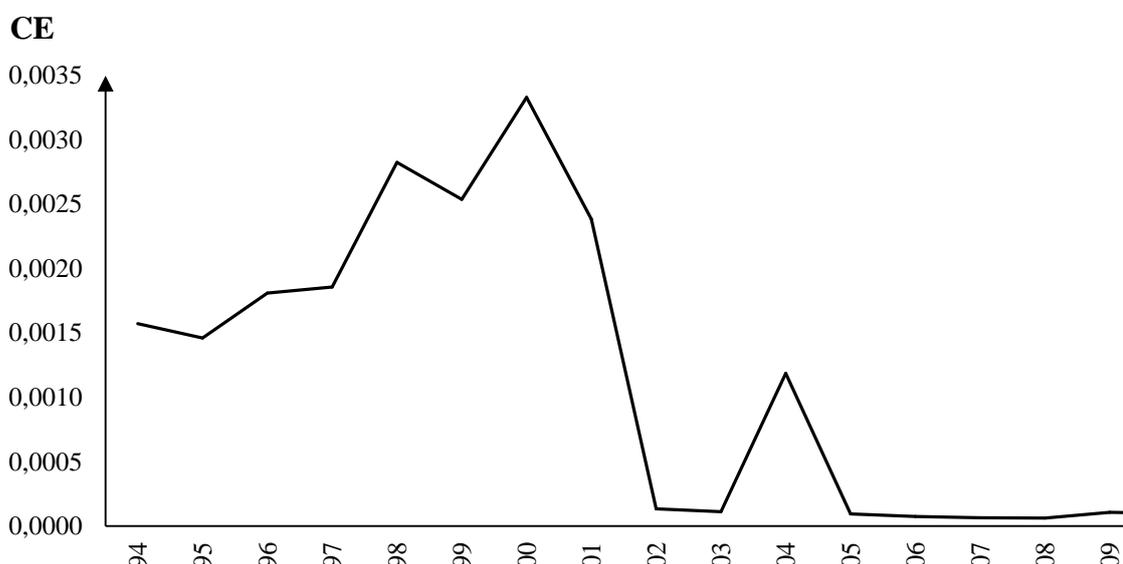


Figura 2.2. Evolução do Coeficiente de Especialização para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste com base no Brasil, no período de 1994 a 2012.

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 2.2 apresenta o Coeficiente de Reestruturação (Cr) para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste, no período de 1994 a 2012. Os períodos observados do ano de 1994 com o ano 2000, 1994 com 2006 e 1994 com 2012 apresentaram valores próximos a 0. Mostrou que não ocorreram alterações significativas na estrutura produtiva do Nordeste em relação aos produtos do extrativismo vegetal entre os períodos. Entre 1994 e 2000, os produtos que mostraram menores valores para o Cr foram: Tanantes (0,0000), Aromáticos, Medicinais, Tóxicos e Corantes (0,0002) e Ceras (0,0009). A Madeira em

Tora (0,0422), as Fibras (0,0308) e a Lenha (0,0246) foram os produtos que apresentaram maiores valores do *Cr*. Entre 1994 e 2006, o *Cr* da Lenha (0,0688) aumentou comparativamente ao observado entre 1994 e 2000, sinalizando mudanças na estrutura produtiva, mas não foi significativa. Os agregados com menores valores para o *Cr* foram: Tanantes (0,0000), Alimentícios (0,0005) e Aromáticos, Medicinais, Tóxicos e Corantes (0,0014).

Tabela 2.2. Coeficiente de Reestruturação para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste, no período de 1994 a 2012.

Produtos	1994 e 2000	1994 e 2006	1994 e 2012
Alimentícios	0,0025	0,0005	0,0075
Aromáticos, Med., Tóx. e Corantes	0,0002	0,0014	0,0015
Borrachas	-	-	-
Ceras	0,0009	0,0025	0,0206
Fibras	0,0308	0,0312	0,0157
Gomas não elásticas	-	-	-
Carvão Vegetal	0,0174	0,0688	0,0908
Lenha	0,0246	0,0611	0,0195
Madeira em Tora	0,0422	0,0154	0,1051
Oleaginosos	0,0167	0,0116	0,0229
Tanantes	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Elaboração própria.

Para 1994 e 2012, notou-se um aumento do *Cr* comparativamente aos outros anos para os seguintes produtos: Alimentícios (0,0075), Aromáticos, Medicinais, Tóxicos e Corantes (0,0015), Ceras (0,0206), Carvão Vegetal (0,0908), Madeira em Tora (0,1051) e Oleaginosos (0,0229). Tais valores não indicam mudanças significativas na estrutura produtiva. Ressalta-se que a Lenha mostrou um *Cr* menor em relação ao verificado para os outros anos (0,0195).

O Coeficiente de Associação Geográfica (*Cag*) indicou que todos os produtos do Extrativismo vegetal estão associados geograficamente, para o período de 1994 a 2012

(Tabela 2.3). Tendo em vista que os valores do *Cag* foram próximos a 0, os produtos estiveram regionalmente distribuídos no Nordeste.

Em 1994, os valores do *Cag* foram menores para as seguintes associações de produtos: Carvão Vegetal e Oleaginosos (0,0053), Lenha e Madeira em Tora (0,0166) e Alimentos e Carvão Vegetal (0,0348). O maior valor observado (0,1672) foi da Madeira em Tora e Tanantes. No ano 2000 comparado com 1994, o *Cag* da Lenha e Madeira em Tora foi menor (0,0010), indicando uma maior associação geográfica entre os produtos. Os alimentos e o Carvão Vegetal apresentaram um aumento do *Cag* (0,0499). As associações que tiveram maiores valores do *Cag* foram: Lenha e Tanantes (0,1260), Madeira em Tora e Tanantes (0,1250) e Alimentos e Lenha (0,1166).

Tabela 2.3. Coeficiente de Associação Geográfica para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste, no período de 1994 a 2012.

Produtos	1994	2000	2006	2012
Alimentos e Carvão Vegetal	0,0348	0,0499	0,1030	0,1181
Alimentos e Lenha	0,1437	0,1166	0,0821	0,1169
Alimentos e Madeira em Tora	0,1603	0,1156	0,1752	0,0478
Carvão Vegetal e Lenha	0,1090	0,0669	0,0209	0,0013
Carvão Vegetal e Madeira em Tora	0,1256	0,0659	0,0729	0,0703
Carvão Vegetal e Oleaginosos	0,0053	0,0060	0,0629	0,0732
Carvão Vegetal e Tanantes	0,0416	0,0591	0,1105	0,1325
Lenha e Madeira em Tora	0,0166	0,0010	0,0931	0,0690
Lenha e Oleaginosos	0,1142	0,0729	0,0416	0,0719
Lenha e Tanantes	0,1506	0,1260	0,0896	0,1311
Madeira em Tora e Oleaginosos	0,1308	0,0719	0,1347	0,0029
Madeira em Tora e Tanantes	0,1672	0,1250	0,1826	0,0621

Fonte: Elaboração Própria.

Os produtos com maior associação geográfica (menor *Cag*), em 2006, foram: Carvão Vegetal e Lenha (0,0209), Lenha e Oleaginosos (0,0416) e Carvão Vegetal e Oleaginosos (0,0629). Em relação aos anos anteriores, houve um aumento do *Cag*, indicando uma redução na associação geográfica para os seguintes agregados: Alimentos e Carvão Vegetal (0,1030), Alimentos e Madeira em Tora (0,1752), Carvão Vegetal e

Oleaginosos (0,0629), Carvão Vegetal e Tanantes (0,1105), Lenha e Madeira em Tora (0,0931), Madeira em Tora e Oleaginosos (0,1347) e Madeira em Tora e Tanantes (0,1826). Em 2012, comparativamente a 2006, notou um aumento do *Cag* para os agregados: Alimentos e Carvão Vegetal (0,1181), Alimentos e Lenha (0,1169), Carvão Vegetal e Oleaginosos (0,0732), Carvão Vegetal e Tanantes (0,1325), Lenha e Oleaginosos (0,0719) e Lenha e Tanantes (0,1311).

A Tabela 2.4 apresenta o Coeficiente de Redistribuição (*CRED*) para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste, entre o período de 1994 e 2012. O *CRED* mostrou que não houve nenhuma alteração relevante no padrão espacial de localização para os produtos do Extrativismo vegetal; pois, ao relacionar o ano de 1994 com 2000, 1994 com 2006 e 1994 com 2012, os valores do *CRED* foram próximos a 0.

Tabela 2.4. Coeficiente de Redistribuição para os Produtos do Extrativismo vegetal no Nordeste entre o período de 1994 e 2012.

Produtos	1994 e 2000	1994 e 2006	1994 e 2012
Alimentícios	0,0049	0,0141	0,0084
Aromáticos, Medicinais e Tóxicos	0,0499	0,1264	0,0357
Borrachas	-	-	-
Ceras	0,0001	0,0001	0,0000
Fibras	0,0469	0,0775	0,0125
Gomas não elásticas	-	-	-
Carvão Vegetal	0,0364	0,0670	0,1607
Lenha	0,0017	0,0071	0,0087
Madeira em Tora	0,0334	0,0769	0,0040
Oleaginosos	0,0036	0,0031	0,0079
Tanantes	0,0442	0,0209	0,0004

Fonte: Elaboração Própria.

Entre o ano de 1994 e 2000, os maiores valores do *CRED* foram para Aromáticos, Med. e Tóxicos (0,0499), Fibras (0,0469) e Tanantes (0,0442). O menor valor verificado foi o agregado das Fibras (0,0001). Entre 1994 e 2006 comparado com 1994 e 2000, houve um aumento do *CRED* nos agregados: Alimentícios (0,0141), Aromáticos, Med. e Tóxicos (0,1264), Fibras (0,0775), Carvão Vegetal (0,0670), Lenha (0,0071) e Madeira em Tora

(0,0769). Estes agregados sinalizaram alterações no padrão espacial de localização da produção, mas não foram relevantes.

Notou-se uma redução no *CRED* entre 1994 e 2012 comparado a 1994 e 2006, para os seguintes produtos: Alimentícios (0,0084), Aromáticos, Medicinais e Tóxicos (0,0357), Fibras (0,0125), Madeira em Tora (0,0040) e Tanantes (0,0004). Isto significa que houve menos alteração no padrão espacial de produção entre 1994 e 2012 comparado a 1994 e 2006.

2.4 CONCLUSÃO

Para as condições em que foi desenvolvido este estudo, conclui-se que:

Os produtos do extrativismo vegetal do nordeste não estão distribuídos da mesma forma que no Brasil, de acordo com o CL.

No extrativismo vegetal, com exceção dos produtos alimentícios e da madeira em tora, todos os produtos mostraram-se significativos, apresentando QL maior que 1.

O grau de especialização do nordeste reflete uma composição diferenciada do Brasil. Porém, não apresenta uma significativa especialização no período considerado, conforme o CE.

Não há mudança estrutural relevante ao relacionar o ano de 1994 com 2000, 2006 e 2012.

Os produtos do extrativismo vegetal estão associados geograficamente.

2.5 REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. N. F.; GOMES, J. M. A. Contribuição do extrativismo da carnaúba para a mitigação da pobreza no Nordeste. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7, 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2007.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; ARAÚJO, F. P.; REIS, E. M.; BRITO, L. L.; OLIVEIRA, C. A. V. Fontes de renda dos pequenos agricultores no semi-árido do Nordeste brasileiro. In: Congresso Brasileiro de economia e Sociologia Rural, 38, 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Campinas: UNICAMP.

CLEMENT, C. R. A lógica do mercado e o futuro da produção extrativista. In: KUBO, R. R. et al. **Atualidades em etnobiologia e etnoecologia**. Recife: Nupeea; Sociedade Brasileira de Etnobiologia e etnoecologia, 2006. p. 135-150.

FAO. 2002. State of the world's forests. Rome. 126 p.

HADDAD, P. R. Medidas de localização e de especialização. In: HADDAD, P. R. (Org.). **Economia Regional: teorias e métodos de análise**. Fortaleza, BNB/ETENE, 1989. p. 225-248 (Estudos Econômico e Sociais, 36).

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1- 47, 2008.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 25, p.1-, 2010.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 27, p.1 - 63 2012.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDS Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

LIMA, J. F. ; ALVES, L. R. ; PIFFER, M. ; PIACENTI, C. A. Análise Regional das Mesorregiões do estado do Paraná no final do século XX. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, ano 24, n. 46, p. 7-26, set. 2006.

MAZUR, A. I. ; ROMERO, E. A.; ECKER, A. E. A. Análise Locacional da produção das principais culturas na microrregião de Campo Mourão – Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 31-45, jan/abr. 2013.

MOTA, D. M.; SCHMITZ, H.; JÚNIOR, J. F. S. Atores, canais de comercialização e consumo da mangaba no Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 1, jan/mar. 2008.

PIACENTI, C.; ALVES, L. R.; LIMA, J. F. O Perfil Locacional do Emprego Setorial no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 39, n. 3, jul/set. 2008.

SANTOS, S. C. J.; GOMES, L. J. Consumo e Procedência de Lenha pelos estabelecimentos comerciais de Aracaju – SE. **Revista da Fapese**, vol. 5, nº 1, p. 155-164, jan./jun. 2009.

SOUZA, N. J. Economia Regional: Conceitos e Fundamentos Teóricos. **Revista Perspectiva Econômica**, Universidade Vale do Rio dos Sinos, Ano XVI, v. 11, nº. 32, p. 67-102, 1981.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri Paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014.

3 ARTIGO 2 - DISTRIBUIÇÃO E DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE LENHA NO NORDESTE BRASILEIRO

RESUMO

A lenha, considerada uma contribuinte para o desenvolvimento da humanidade, foi uma das primeiras fontes de energia utilizadas. No Brasil, a maior parte da produção de lenha transforma-se em carvão para atender a indústria siderúrgica. No Nordeste brasileiro, a lenha se caracteriza como um produto relevante e sua demanda é determinada, basicamente, pelo polo de empresas de cerâmica vermelha. O espaço é um fator importante, pois vincula às desigualdades observadas entre lugares. Tais desigualdades favorecem o surgimento de aglomerações econômicas, de modo a definir padrões espaciais. Logo, este artigo tratou de uma análise exploratória de dados espaciais para as mesorregiões do Nordeste nos anos de 1994 e 2013. Objetivou identificar clusters espaciais na produção de lenha e utilizou como parâmetro o Valor Bruto de Produção (VBP). Foram utilizadas as matrizes de ponderação espacial de k vizinhos mais próximos e a de contiguidade, convenções “rainha” e “torre”. A partir das análises, concluiu-se que: Há autocorrelação positiva no VBP da lenha; O *cluster* espacial do tipo alto-alto foi formado, predominantemente pela região baiana; O *cluster* espacial do tipo alto-alto, considerando a matriz de ponderação Per Área, foi composto por mesorregiões do Ceará e Pernambuco; O *cluster* espacial do tipo baixo-baixo foi constituído por mesorregiões de Sergipe e Alagoas; e o cluster do tipo baixo-baixo, considerando a matriz de ponderação Per Área, foi formado pelas regiões de Sergipe, Alagoas e Piauí.

Palavras-chave: Economia Florestal, Economia Regional, Biomassa Florestal.

DISTRIBUTION AND DEPENDENCE SPACE OF THE FIREWOOD PRODUCTION IN BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT

The Firewood, considered a contributor to the development of mankind, was one of the first sources of energy used. In Brazil, most of the firewood production turns coal to meet the steel industry. In northeast Brazil, the wood is characterized as a relevant product and your demand is determined primarily by the concentration of red ceramic companies. Space is an important factor because it binds to the inequalities observed between places. Such inequalities favors the emergence of economic agglomerations, so as to define spatial patterns. Therefore, this article dealt with an exploratory spatial data analysis for the Northeast mesoregions in 1994 and 2013. This study aimed to identify spatial clusters in the production of wood and used as a parameter the Gross Value of Production (GVP). Spatial weighting matrix k nearest neighbors and contiguity were used, conventions "queen" and "tower". From the analysis, it was concluded that: There is positive autocorrelation in the wood VBP; The spatial cluster of high-high type was formed predominantly by the Bahia region; The spatial cluster of high-high type, considering the weighting matrix Per Area, was comprised by mesoregions of Ceará and Pernambuco; The spatial cluster of low-low type was made up mesoregions of Sergipe and Alagoas; and the cluster of low-low type, considering the weighting matrix Per Area, was formed by the regions of Sergipe, Alagoas and Piauí.

Keywords: Forest Economy, Regional Economics, Forest Biomass.

3.1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, os recursos florestais são utilizados como fonte de energia para satisfazer o bem-estar. A lenha foi a primeira fonte de energia usada para aquecimento e cocção de alimentos. Atualmente, seu uso está relacionado à disponibilidade de florestas, à competição econômica com outras fontes energéticas, ao nível de desenvolvimento da região e às questões ambientais (BRITO, 2007).

A madeira pode ser utilizada diretamente como combustível sólido, transformada em combustíveis sintéticos ou como insumo para as indústrias. A possibilidade de exploração e/ou plantio florestal na maioria dos países, diminuindo a dependência energética externa, se caracteriza como um atributo positivo da madeira (BRITO e BARRICHELO, 1979; MOREIRA, 2011).

No Brasil, a madeira para fins energéticos é transformada, principalmente, em carvão vegetal (carbonização) para atender a indústria siderúrgica e usada no consumo direto (combustão). Este pode ser doméstico (no meio rural) e industrial. Os setores consumidores de lenha são: indústrias de cimento, química, de alimentos e bebidas, de papel e celulose e cerâmicas. Dentre este grupo, o ramo de alimento e bebidas e o ramo cerâmico representam mais de 60% do consumo (VALE et al, 2002; BRITO e CINTRA, 2004).

No Nordeste brasileiro, a produção de lenha atende as demandas locais ou sub-regionais; com destaque para as empresas de cerâmica vermelha, as quais consomem cerca de 8 milhões de metros cúbicos de lenha por ano. O espaço é um fator importante na produção de lenha, pois esta se encontra vinculada às desigualdades observadas entre lugares. Tais desigualdades favorecem o surgimento de aglomerações econômicas, de modo a definir padrões espaciais. A distribuição geográfica da oferta deste produto depende de consumidores que ofereçam preços convenientes para os produtores. Logo, as demandas de lenha geram “bacias” fornecedoras ao redor dos polos de consumo. Estes polos expandem seus raios de compra até que o preço do produto na origem, juntamente com os custos de transporte, alcancem o limite da capacidade de pagamento do consumidor. Isto determina o padrão espacial da oferta de lenha no Nordeste brasileiro (RIEGELHAUPT e PAREYN, 2010).

Os modelos clássicos de econometria não têm elementos teóricos suficientes para explicar problemas que ocorrem no espaço. As técnicas convencionais de estimação

(regressão linear) têm como premissas que os termos de erro aleatório possuem média zero, variância um e não são correlacionados entre si. Para superar esta limitação, a econometria espacial trabalha os efeitos provocados pela autocorrelação espacial e pela heterogeneidade espacial (ANSELIN, 1996; ALMEIDA, 2004).

A autocorrelação espacial trata-se da existência de uma correlação positiva ou negativa entre a distância entre pontos e semelhança nos valores mensurados em uma variável (LEGENDRE, 1993). A autocorrelação espacial é um importante fator a ser considerado em estudos relativos ao extrativismo da lenha no nordeste brasileiro. Observado pelas diferenças de disponibilidade de vegetação entre as regiões. Os limites de áreas político-administrativas se diferem das áreas de vegetação, podendo uma área explorada de uma região ser contabilizada em outra; gerando erros de medida. Reis e Guzmán (1993) estimaram um modelo econométrico de desflorestamento da Amazônia brasileira, usando dados cross-section em nível municipal. Tal artigo aperfeiçoou os estudos de Reis e Margulis (1991) em três aspectos: na especificação teórica do modelo, na base de dados e na análise da regressão, a qual considerou o fenômeno da autocorrelação espacial. Logo, permitiu um melhor diagnóstico e tratamento dos problemas provenientes da omissão de variáveis, erros de medida e má especificação.

Diante do exposto, nota-se que a lenha é uma importante fonte energética para o Nordeste. Isto torna relevante um estudo que busque identificar a distribuição espacial da produção de lenha (*clusters* espaciais), observar a existência de regimes espaciais e verificar observações atípicas (*outliers* e pontos de alavancagens). Dessa forma, este artigo analisou os efeitos da dependência espacial do Valor Bruto de Produção da lenha do Nordeste por meio da abordagem exploratória de dados espaciais, no período de 1994 a 2013..

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados foram o Valor Bruto de Produção (VBP) da lenha do extrativismo vegetal para as mesorregiões do Nordeste brasileiro, para os anos de 1994 e 2013. Tais informações foram coletadas a partir do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foi utilizada a área

(km²) das mesorregiões do Nordeste, obtida no IBGE. Foram mensurados os VBP's per área (VPB/km²), de forma a garantir a não influência da dimensão territorial das mesorregiões. Os valores foram corrigidos pelo IGP-DI (Base 2012 = 100).

3.2.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) trata os efeitos da dependência espacial e da heterogeneidade espacial. Com esta metodologia é possível descrever: a distribuição espacial (*clusters* espaciais); verificar a existência de regimes espaciais ou outras maneiras de instabilidade espacial (não estacionariedade) e; identificar observações atípicas (*outliers* e pontos de alavancagem) (PEROBELLI et al., 2007).

A autocorrelação espacial indica que o valor de uma determinada variável numa região *i* está relacionado ao valor dessa variável nas regiões vizinhas *j*. Para verificar o grau de interação espacial, é necessário especificar uma matriz de ponderação espacial (*W*). Para cada conexão entre duas regiões é representada numa célula desta matriz, denominada de peso espacial. A mensuração do grau de conexão, geralmente, é dada pela proximidade entre as regiões, podendo ser por meio de um critério geográfico, socioeconômico ou outro critério relevante para o fenômeno em estudo (ALMEIDA, 2012).

O critério de conexão geográfica da matriz de pesos espaciais, com base na proximidade é determinado por meio da contiguidade e/ou da distância geográfica, de acordo com uma determinada métrica. Uma das matrizes utilizadas na literatura é a matriz dos *k* vizinhos mais próximos, $w_{ij}(k)$. Esta matriz é binária e a proximidade baseia-se na distância geográfica. Por exemplo, duas regiões são consideradas vizinhas quando estão dentro de um limite de distância necessária, para que se verifique um número predeterminado de vizinhos (ALMEIDA, 2012). Formalmente, este tipo de matriz é dado pela seguinte expressão:

$$w_{ij}(k) = \begin{cases} 1 & \text{se } d_{ij} \leq d_i(k) \\ 0 & \text{se } d_{ij} > d_i(k) \end{cases} \quad (3.1)$$

em que,

d_{ij} = distância entre as regiões *i* e *j*.

$d_i(k)$ = distância de corte para a região i possuir exatamente k vizinhos.

A adoção da matriz dos k vizinhos mais próximos garante a inexistência de “ilhas”, isto é, regiões que não possuam vizinhos. Além disso, este tipo de matriz combate o desequilíbrio da conectividade, pois todas as regiões terão a mesma quantidade de vizinhos (ALMEIDA, 2012).

Conforme Anselin (2003), outra tipologia comumente utilizada é a matriz de pesos espaciais binários com base na contiguidade. A matriz de contiguidade é simétrica e objetiva identificar as regiões vizinhas a cada observação i do conjunto de n observações da amostra. Numa matriz binária, se duas regiões são consideradas vizinhas, atribui-se um valor unitário na matriz; caso contrário, aplica-se um valor nulo. Logo, a relação de contiguidade na matriz de pesos espaciais (W) é dada pela equação abaixo:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ e } j \text{ são contíguos} \\ 0 & \text{se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos} \end{cases} \quad (3.2)$$

A Figura 3.1 mostra que a matriz de contiguidade pode ter três convenções: rainha (*queen*), torre (*rook*) e bispo (*bishop*). A convenção mais utilizada na literatura é a rainha (*queen*), onde além das fronteiras com extensão diferente de zero, os vértices são considerados como contíguos. Na convenção “torre” (*rook*), apenas as fronteiras físicas com extensão não nula entre as regiões são consideradas. Enquanto que na convenção “bispo” (*bishop*), apenas os vértices são considerados (ALMEIDA, 2012).

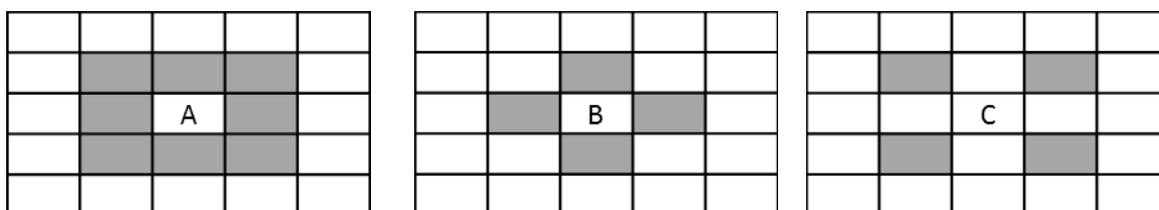


Figura 3.1. Convenção (A) “rainha”, (B) “torre” e (C) “bispo” de contiguidade.

Fonte: Almeida (2012).

A matriz binária de contiguidade não garante o equilíbrio da conectividade, pois pode haver regiões com um número maior de vizinhos que outras. Porém, este tipo de matriz possibilita a definição de contiguidades de ordens superiores. A matriz de primeira ordem é formada pelos vizinhos diretos das regiões. Enquanto que a de segunda ordem é

composta dos vizinhos dos vizinhos das regiões. Além desta, pode-se construir matrizes de terceira ordem e assim por diante (ANSELIN, 2003).

3.2.3 Indicadores de Autocorrelação Espacial

A estatística de Moran ou I Moran trata-se de um indicador de correlação espacial global, usado como forma de se obter uma visão global dos processos de inter-relação espacial das regiões, sem fornecer a estrutura regional da autocorrelação. Para Cliff e Ord (1981), a estatística I de Moran se expressa da seguinte forma:

$$I_t = \left(\frac{n}{S_0} \right) \left(\frac{z_t W z_t}{z_t z_t} \right) \quad t = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

em que,

Z_t = vetor de n observações para o ano t da variável de interesse na forma de desvio em relação à média,

W = matriz de pesos espaciais,

S_0 = um escalar igual à soma de todos os elementos de W.

A interpretação do I de Moran Global é da seguinte maneira: quando o valor for positivo, indica que há correlação positiva e que os valores altos (baixos) da variável estão cercados por valores também altos (baixos). Se o valor for negativo, irá sinalizar que valores altos (baixos) da variável estão cercados por valores baixos (altos). E, se o valor do I de Moran for igual a 0 mostra que não há dependência espacial para o caso em análise.

A Figura 3.2 mostra o diagrama de dispersão de Moran (*Moran scatterplot*). Este diagrama é um instrumento de AEDE que facilita a interpretação do coeficiente I de Moran e reflete a estrutura espacial, considerando escalas de vizinhanças e tendências.

No gráfico de dispersão, as coordenadas da abscissa representam uma variável com um valor padronizado para cada unidade. Enquanto que o eixo das ordenadas é composto pela defasagem espacial da variável padronizada. A inclinação da linha de regressão sinaliza que quanto maior o ângulo formado com o eixo horizontal, maior o grau de autocorrelação espacial (ALMEIDA et al., 2006).

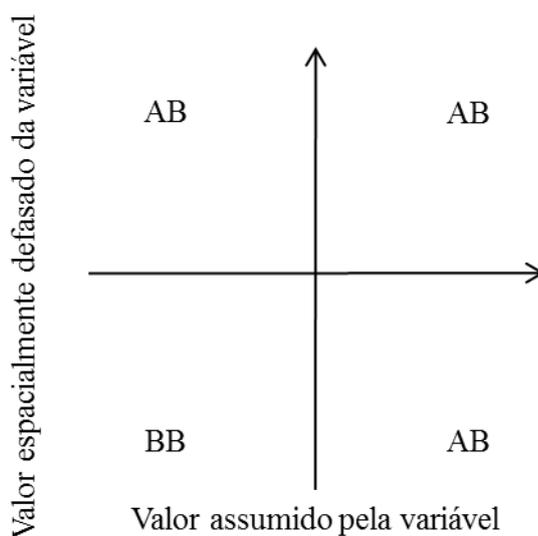


Figura 3.2. Diagrama de Dispersão de Moran.

Fonte: Pimentel e Haddad (2004).

Para Capucho (2010), o diagrama de dispersão possui quatro quadrantes que representam diferentes tipos de associação linear espacial: Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA). Os pontos, que representam as regiões, localizados nos quadrantes AA e BB significam que possuem altos e/ou baixos valores da variável de interesse. Estas localidades estão cercadas por regiões que também são altos e/ou baixos valores. As regiões localizadas nos quadrantes BA e AB representam um grupo com baixo/alto valor da variável de interesse rodeado por regiões com alto/baixo valor.

O Indicador Local de Associação Espacial (LISA), diferentemente do I de Moran de acordo com Anselin (1994 apud Neves 2000), produz um valor específico para cada objeto. De forma a permitir a identificação de *clusters*, *outliers* e mais de um regime espacial. Um dos LISA's mais usados é o chamado Índice Local de Moran, o qual pode ser expresso da seguinte maneira:

$$I_i = z_i \cdot Wz_i / \sigma^2 \quad (3.3)$$

em que,

I_i = índice local para o objeto i ;

z_i = valor do desvio do objeto i ;

Wz_i = valor médio dos desvios dos objetos vizinhos de i ;

σ^2 = variância da distribuição dos valores dos desvios.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3.1 mostra o Valor Bruto de Produção (VBP) Real e Valor Bruto de Produção Real per área (VBP/Km²) do extrativismo vegetal da lenha no nordeste brasileiro e nos seus respectivos estados, para os anos de 1994 e 2013 (IGP-DI Base 2012 = 100).

Tabela 3.1. Valor Bruto de Produção Real e Valor Bruto de Produção Real per área do Extrativismo Vegetal da Lenha (R\$ 1.000,00), nos estados nordeste brasileiro, para o período de 1994 a 2013 (IGP-DI Base 2012 = 100).

Estados	Área (km ²)	VBP		VBP/km ²	
		1994	2013	1994	2013
Alagoas	27.774.993	5.930,86	1.234,23	2,14x10 ⁻⁴	0,44x10 ⁻⁴
Bahia	564.733.081	253.385,16	108.626,44	4,49x10 ⁻⁴	1,92x10 ⁻⁴
Pernambuco	98.149.119	20.557,49	34.417,25	2,09x10 ⁻⁴	3,51x10 ⁻⁴
Paraíba	56.469.744	12.229,75	9.110,34	2,17x10 ⁻⁴	1,61x10 ⁻⁴
Sergipe	21.918.493	6.317,76	672,19	2,88x10 ⁻⁴	0,31x10 ⁻⁴
Piauí	251.611.932	14.947,47	16.008,28	0,59x10 ⁻⁴	0,64x10 ⁻⁴
Maranhão	331.936.948	107.354,76	48.059,69	3,23x10 ⁻⁴	1,45x10 ⁻⁴
Rio Grande do Norte	52.811.126	56.458,80	18.421,20	10,7x10 ⁻⁴	3,49x10 ⁻⁴
Ceará	148.886.308	116.064,68	39.873,85	7,80x10 ⁻⁴	2,68x10 ⁻⁴
Nordeste	1.554.291.744	593.246,73	276.423,46	3,82x10⁻⁴	1,78x10⁻⁴

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do IBGE.

No período analisado, houve um decréscimo médio de 3,94% a.a. no VBP da lenha no Nordeste, bem como per área. Dentre outros fatores, a redução está relacionada às ações governamentais que objetivam combater a desertificação. De acordo com o Centro de Produção Industrial Sustentável (CEPIS), o Nordeste possui um nível de desertificação próximo aos países Africanos. Para Uhlig et al. (2008), a demanda intensiva de lenha por algumas indústrias, a exemplo de cerâmicas e caieiras, assim como a expansão agrícola, exerce pressão sobre os recursos florestais remanescentes. Além da fiscalização dos órgãos ambientais, a substituição da lenha pelo Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) tem contribuído na redução do extrativismo (IBGE, 2010).

Em relação aos Estados, as taxas de variação relativa do VBP do extrativismo da lenha, entre os anos de 1994 e 2013, foram: Pernambuco (+2,75% a.a.), Piauí (0,36% a.a.), Paraíba (-1,54% a.a.), Maranhão (-4,14% a.a.), Bahia (-4,36% a.a.), Ceará (-5,47% a.a.), Rio Grande do Norte (-5,72% a.a.), Alagoas (-7,93% a.a.) e Sergipe (-11,12% a.a.).

A participação média dos estados no Nordeste brasileiro no VBP da lenha do extrativismo foram: Bahia (41,00%), Maranhão (17,74%), Ceará (16,99%), Rio Grande do Norte (8,09%), Pernambuco (7,96%), Piauí (4,16%), Paraíba (2,68%), Sergipe (0,65%) e Alagoas (0,72%).

Embora a Bahia tenha uma maior participação no VBP da lenha de extrativismo no Nordeste, notou-se que, em 1994, o Rio Grande do Norte com a demanda oriunda da indústria de cerâmica vermelha, e, em 2013, Pernambuco com a presença das indústrias gesseiras) foram os Estados com maior VBP/Km². Em 1994, os estados com maior VBP de Lenha foram: Rio Grande do Norte ($10,7 \times 10^{-4}$), Ceará ($7,80 \times 10^{-4}$), Bahia ($4,49 \times 10^{-4}$), Maranhão ($3,23 \times 10^{-4}$), Sergipe ($2,88 \times 10^{-4}$), Paraíba ($2,17 \times 10^{-4}$), Alagoas ($2,14 \times 10^{-4}$), Pernambuco ($2,09 \times 10^{-4}$) e Piauí ($0,594 \times 10^{-4}$). No ano de 2013, os estados com maior VBP foram: Pernambuco ($3,51 \times 10^{-4}$), Rio Grande do Norte ($3,49 \times 10^{-4}$), Ceará ($2,68 \times 10^{-4}$), Bahia ($1,92 \times 10^{-4}$), Paraíba ($1,61 \times 10^{-4}$), Maranhão ($1,45 \times 10^{-4}$), Piauí ($0,636 \times 10^{-4}$), Alagoas ($0,444 \times 10^{-4}$) e Sergipe ($0,307 \times 10^{-4}$).

A fim de testar a existência de dependência espacial na produção de lenha nas mesorregiões do estado do Nordeste, foram calculados os indicadores de autocorrelação espacial global e local.

A Figura 3.2 mostra os diagramas de dispersão de Moran das mesorregiões no Nordeste brasileiro, tanto para a matriz de vizinhos mais próximos quanto para a matriz de contiguidade (convenções “rainha” e “torre”), nos anos de 1994 e 2013. Para a matriz de vizinhos mais próximos, os pesos espaciais utilizados foram de 2, 4 e 6.

Os valores para o I de Moran Global foram positivos, indicando a presença de autocorrelação espacial positiva. A partir do momento que se aumentou a quantidade de vizinhos mais próximos, o valor para o I de Moran Global diminuiu, reduzindo a autocorrelação espacial. Isto se deve ao aumento da distância que diminui os efeitos espaciais. Observou-se também os *outliers* (pontos afastados) do padrão espacial global (localizados nos quadrantes AB e/ou BA) e os pontos de alavancagens (localizados nos quadrantes AA e/ou BB).

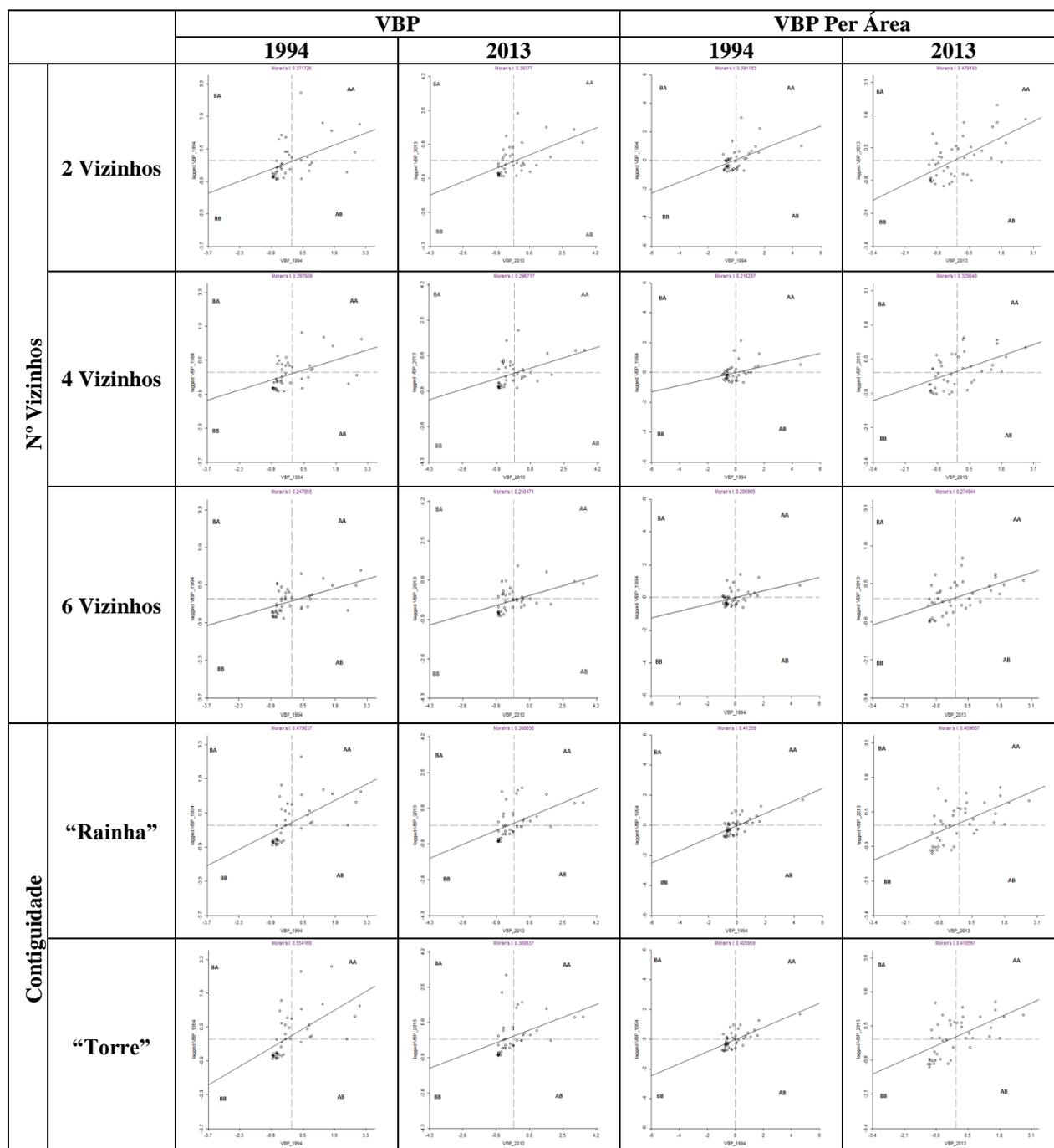


Figura 3.2. Diagrama de Dispersão de Moran para as mesorregiões no Nordeste, para a matriz de vizinhos mais próximos e matriz de contiguidade (convenções “rainha” e “torre”), nos anos de 1994 e 2013.

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software Geoda.

A matriz com 2 vizinhos mais próximos para o VBP da lenha apresentou os seguintes valores para o I Moran Global: 0,371726 (1994) e 0,39377 (2013). No ano de 1994, as mesorregiões Centro Sul Baiano, Vale São Francisco da Bahia e Extremo Oeste

Baiano foram os pontos de alavancagens, apresentando forte influência sobre a tendência central, localizados no quadrante AA. O Leste Maranhense (localizado no quadrante AB) foi um *outlier*, ponto que não segue o mesmo processo de dependência espacial que os demais. Em 2013, verificou-se como pontos de alavancagens as mesorregiões Centro Norte Baiano e Centro Sul Baiano.

As mesorregiões com maiores valores de produção da lenha se encontram na região da Bahia. Isto pode ser explicado pelo fato da Bahia ser a maior produtora de cerâmica no Nordeste brasileiro. De acordo com o Instituto Nacional de Tecnologia (2012), a Bahia possui 338 empresas ceramistas e produz cerca de 195 milhões de peças por mês. A lenha e os resíduos da biomassa utilizados pelos ceramistas apresentam custos relativamente baixos na região; o que favorece o crescimento da demanda deste combustível (HENRIQUES JR., 2013).

Ainda com a utilização da matriz de 2 vizinhos, considerando o VBP/Km² (Per Área), os valores para o I de Moran Global foram positivos e maiores que o observado na matriz com 2 vizinhos que não considerou o Per Área. Isto indica que essa variável capta melhor o padrão da dependência espacial na produção de lenha. Tais valores foram: 0,391183 (1994) e 0,479193 (2013). Em 1994, a mesorregião que apresentou uma forte influência sobre a tendência central e situou-se no quadrante AA foi a Metropolitana de Fortaleza. Isto pode ser explicado por meio da expansão urbana que ocorreu de forma acelerada na região Metropolitana de Fortaleza nas últimas décadas. Além da retirada da vegetação, outras formas de uso e ocupação de solo promoveram o desmatamento, a exemplo da retirada de lenha para fins energéticos (BATISTA, 2010).

No ano de 2013, o Sertão Pernambucano, Oeste Potiguar e o São Francisco Pernambucano foram identificados como pontos de alavancagens (quadrante AA). Tal resultado deve-se ao arranjo produtivo local (APL) do Polo Gesseiro do Araripe, responsável por 94% da produção nacional de gesso. A lenha proveniente da Caatinga é a principal fonte energética da indústria gesseira, tendo em vista que os custos são menores comparados com outras fontes energéticas, a exemplo do óleo BPF, gás e eletricidade (SILVA, 2008-2009).

Em relação à matriz com 4 vizinhos, verificou-se o I de Moran Global com valores de 0,297889 (1994) e 0,296717 (2013). Em 1994, a mesorregião identificada como ponto de alavancagem (quadrante AA) foi o Centro Sul Baiano. O Leste Maranhense e o Vale São Franciscano da Bahia apresentaram altos valores cercados por pontos com baixos

valores, sendo assim considerados *outliers*. No ano de 2013, verificou-se o Centro Sul Baiano e o Centro Norte Baiano como pontos de alavancagens. Não foram observados *outliers* no ano de 2013.

A matriz com 4 vizinhos que considera o VBP Per Área também apresentou valores positivos para o I Moran Global, sendo: 0,216287 (1994) e 0,328048 (2013). No ano de 1994, assim como verificado para a matriz com 2 vizinhos (VBP Per Área), a Metropolitana de Fortaleza foi identificada como um ponto de alavancagem (quadrante AA). Não foram observados *outliers* neste ano. Em 2013, o Oeste Potiguar e o Sertão Pernambucano (quadrante AA) se apresentaram como pontos de alavancagens.

Para a matriz com 6 vizinhos, observaram-se valores indicativos de autocorrelação espacial positiva. Tais valores do I de Moran 0,247855 (1994) e 0,250471 (2013) foram menores comparados com as matrizes de 2 e 4 vizinhos. Em 1994, o Centro Sul Baiano e o Vale São Franciscano da Bahia se apresentaram como pontos de alavancagens. Enquanto que o Leste Maranhense, assim como na matriz com 2 vizinhos, foi identificado como um *outlier* (quadrante AB). No ano de 2013, os pontos de alavancagens foram os mesmos verificados para a matriz com 4 vizinhos: o Centro Sul Baiano e o Centro Norte Baiano.

Na matriz com 6 vizinhos (VBP Per Área), os valores para o I de Moran foram indicativos de autocorrelação espacial positiva: 0,206905 (1994) e 0,274944 (2013). Assim como verificado para as matrizes com 2 e 4 vizinhos (Per Área), a Metropolitana de Fortaleza se apresentou como um ponto de alavancagem no ano de 1994. Comparativamente à matriz com 4 vizinhos (Per Área), foram observados os mesmos pontos de alavancagens para o ano de 2013: Oeste Potiguar e Sertão Pernambucano.

No tocante à matriz de contiguidade tipo “rainha”, os valores para o I de Moran foram: 0,479037 (1994) e 0,388656 (2013). Em 1994, as mesorregiões que mostraram uma forte influência sobre a tendência central e se situaram no quadrante AA foram: Centro Sul Baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Leste Maranhense e Extremo Oeste Baiano. No ano de 2013, o Centro Sul Baiano e o Centro Norte Baiano foram identificados como pontos de alavancagens.

A matriz de contiguidade tipo “rainha” (considerando o VBP Per Área), também apresentou valores positivos para o I de Moran Global: 0,41359 (1994) e 0,409687 (2013). Notou-se que diferentemente da matriz de contiguidade tipo “rainha” (sem considerar o VBP Per Área), os pontos de alavancagens não se situaram predominantemente na região da Bahia. Em 1994, apenas a mesorregião Metropolitana de Fortaleza mostrou uma forte

influência sobre a tendência central, identificando-se como um ponto de alavancagem (quadrante AA). No ano de 2013, foram observados dois pontos de alavancagens: Oeste Potiguar e Sertão Pernambucano.

A matriz de contiguidade, convenção “torre”, apresentou os seguintes valores para o índice de autocorrelação espacial: 0,554169 (1994) e 0,360637 (2013). Em 1994, verificou-se 5 mesorregiões como pontos de alavancagens (situadas no quadrante AA): Centro Sul Baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Sul Baiano, Extremo Oeste Baiano e Leste Maranhense. No ano de 2013, notou-se apenas 2 pontos de alavancagens (situados no quadrante AA): Centro Sul Baiano e Centro Norte Baiano. O Sul Baiano foi identificado como um *outlier* situado no quadrante BA.

Na matriz de contiguidade, convenção “torre” (Per Área), os valores para o índice de autocorrelação espacial foram: 0,405959 (1994) e 0,416597 (2013). Assim como na matriz de contiguidade convenção “rainha” (Per Área), verificou-se apenas um ponto de alavancagem (situada no quadrante AA) em 1994: Metropolitana de Fortaleza. Em 2013, também foram observados os mesmos pontos de alavancagens verificados para a matriz de contiguidade convenção “rainha” (Per Área): Sertão Pernambucano e Oeste Potiguar.

A Figura 3.3 refere-se à estatística LISA e mostra quatro tipos de autocorrelação espacial local para o VBP da lenha: alto-alto (preto), baixo-baixo (cinza claro), baixo-alto (cinza médio) e alto-baixo (cinza escuro). A estatística LISA foi obtida para as 42 mesorregiões, sendo estatisticamente significativa ao nível 5%. As áreas na cor branca indicam as mesorregiões com LISA não significativo.

Em relação à matriz com 2 vizinhos mais próximos, observou-se 4 mesorregiões significantes para a aglomeração espacial do tipo alto-alto no ano de 1994: Extremo Oeste baiano, Centro Sul baiano, Sul Baiano e Centro Norte Baiano. Verificou-se outro tipo de *cluster* espacial, sendo este do tipo baixo-baixo e composto por: Leste Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Pernambucano, Agreste Paraibano e Mata Paraibana. O Nordeste Baiano foi significativo para o padrão espacial do tipo alto-baixo.

Observou que a associação espacial do tipo alto-alto também foi composta por mesorregiões da Bahia, no ano de 2013: Extremo Oeste Baiano, Vale São Franciscano da Bahia e Centro Sul Baiano. Enquanto que o Leste Sergipano, Agreste Sergipano e Agreste Pernambucano formaram o *cluster* do tipo baixo-baixo. A presença de clusters espaciais do tipo alto-alto na região baiana é explicada pelas demandas industriais dos polos de produção de gesso, cal, cerâmica e siderurgia. O setor de cerâmica, por exemplo, usa a

madeira e os resíduos madeireiros como biomassa para a geração de energia térmica. Em Ibiassucê, cidade situada no sudoeste da Bahia, as empresas ceramistas representam uma grande demanda de lenha. Um estudo do consumo de lenha pelo polo ceramista mostrou que a demanda de energia está relacionada com a extração da lenha na região (AZEVEDO et. al., 2011).

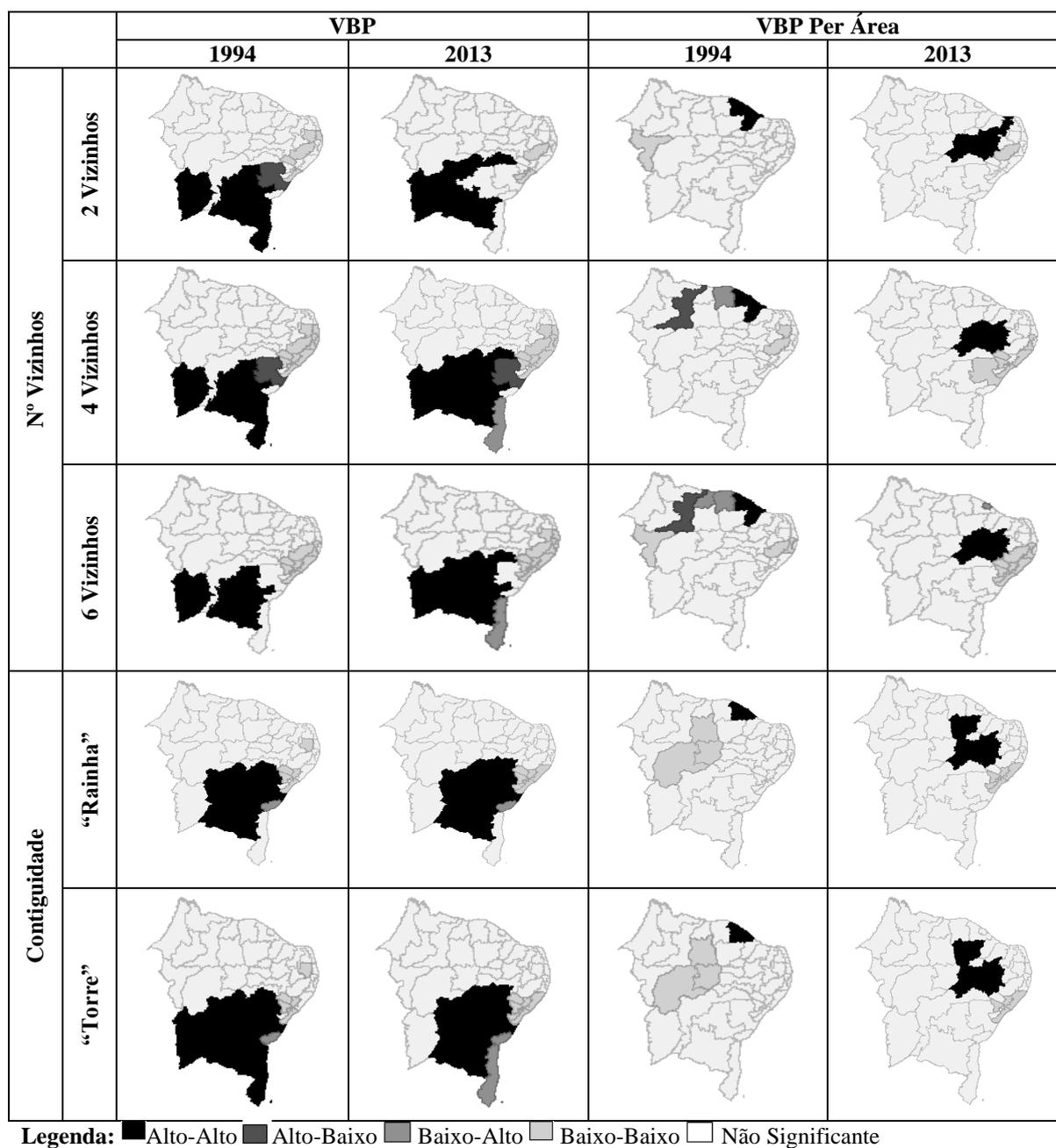


Figura 3.3: Mapas de Clusters do VBP da lenha das mesorregiões do nordeste brasileiro para a matriz de vizinhos mais próximos e de contiguidade, nos anos de 1994 e 2013.

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software Geoda.

O *cluster* espacial baixo-baixo na região do Sergipe é proveniente da inexistência de plantações comerciais de lenha, sendo a produção cerâmica garantida em função da lenha adquirida no Estado da Bahia (ARAGÃO et al., 2008).

Na matriz de 2 vizinhos (Per Área), em 1994, verificou-se um *cluster* espacial do tipo alto-alto formado por 3 mesorregiões: Norte Cearense, Metropolitana de Fortaleza e Jaguaribe. Um *cluster* do tipo baixo-baixo também foi observado, sendo este composto pelo Sul Maranhense. Em 2013, o *cluster* espacial do tipo alto-alto foi formado por 5 mesorregiões: São Francisco Pernambucano, Sertão Pernambucano, Sul Cearense, Sertão Paraibano e Central Potiguar. O Agreste Pernambucano compôs o *cluster* baixo-baixo. Ou seja, comparativamente com a matriz de 2 vizinhos (sem considerar o Per Área), notou-se que os *clusters* espaciais mostraram mudanças na sua composição.

Para a matriz com 4 vizinhos, em 1994, observou-se que o *cluster* espacial do tipo alto-alto foi formado pelas mesorregiões: Extremo Oeste Baiano, Centro Sul Baiano, Centro Norte Baiano e Sul Baiano. O Nordeste Baiano apresentou um alto valor de produção de lenha, cercado por mesorregiões com baixo valor de produção; formando assim a aglomeração espacial do tipo alto-baixo. Outro *cluster* encontrado foi o baixo-baixo, sendo este composto pelas seguintes mesorregiões: Sertão Sergipano, Leste Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Alagoano, Leste Alagoano, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, Metropolitana de Recife, Agreste Paraibano e Mata Paraibana.

No ano de 2013, o *cluster* espacial do tipo alto-alto foi formado pelas mesorregiões: Extremo Oeste Baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano e Centro Sul Baiano. O *cluster* espacial do tipo baixo-baixo foi composto por 10 mesorregiões: Leste Sergipano, Sertão Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Alagoano, Leste Alagoano, Mata Pernambucana, Metropolitana de Recife, Agreste Paraibano, Agreste Pernambucano e Mata Paraibana. A aglomeração do tipo baixo-alto foi composta apenas pelo Sul Baiano. Outra aglomeração espacial foi verificada (alto-baixo), sendo formada pelo Nordeste Baiano.

A matriz de 4 vizinhos (Per Área), em 1994, apresentou 2 *clusters* espaciais: um do tipo alto-alto e outro do tipo baixo-baixo. Assim como observado na matriz de 2 vizinhos (Per Área), o *cluster* alto-alto foi composto pelas seguintes mesorregiões: Norte Cearense, Metropolitana de Fortaleza e Jaguaribe. O Agreste Pernambucano e o Agreste Paraibano formaram o *cluster* espacial baixo-baixo. Outra aglomeração espacial foi verificada (alto-baixo), sendo composta pelo Leste Maranhense.

No ano de 2013, para a matriz de 4 vizinhos (Per Área), as mesorregiões que formaram o *cluster* espacial do tipo alto-alto foram: São Francisco Pernambucano, Sertão Pernambucano, Sul Cearense, Sertão Paraibano e Centro Sul Cearense. O *cluster* baixo-baixo foi composto por 7 mesorregiões: Nordeste Baiano, Sertão Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, Leste Alagoano e Leste Sergipano.

Para a matriz de 6 vizinhos, notou-se um *cluster* espacial do tipo alto-alto formado por 3 mesorregiões, no ano de 1994: Extremo Oeste Baiano, Centro Norte Baiano e Centro Sul Baiano. A composição do *cluster* do tipo baixo-baixo foi: Leste Sergipano, Agreste Sergipano, Sertão Sergipano, Sertão alagoano, Agreste alagoano, Leste Alagoano, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, Agreste Paraibano, Mata Paraibana e Metropolitana de Recife. Não foram observados outros tipos de aglomerações espaciais.

Em 2013, as mesorregiões que formaram o *cluster* espacial do tipo alto-alto foram: Extremo Oeste Baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano e Centro Sul Baiano. Enquanto que o *cluster* do tipo baixo-baixo foi composto por 11 mesorregiões: Leste Sergipano, Agreste Sergipano, Sertão Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Alagoano, Leste Alagoano, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, Agreste Paraibano, Mata Paraibana e Metropolitana de Recife. O Sul Baiano foi estatisticamente significativo para a aglomeração espacial do tipo baixo-alto.

Na matriz de 6 vizinhos (Per Área), assim como verificado nas matrizes de 2 e 4 vizinhos (Per Área), o *cluster* espacial do tipo alto-alto foi composto por 3 mesorregiões em 1994: Norte Cearense, Metropolitana de Fortaleza e Jaguaribe. O *cluster* espacial baixo-baixo foi composto pelas seguintes mesorregiões: Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana e Sul Maranhense. O Leste Maranhense compôs a aglomeração espacial do tipo alto-baixo. O Norte Piauiense e o Noroeste Cearense formaram a aglomeração do tipo baixo-alto.

Em 2013, para a matriz de 6 vizinhos (Per Área), as mesorregiões que formaram o *cluster* espacial do tipo alto-alto foram: São Francisco Pernambucano, Sertão Pernambucano, Sul Cearense, Sertão Paraibano e Centro Sul Cearense. O *cluster* espacial do tipo baixo-baixo foi composto pelas seguintes mesorregiões: Agreste Sergipano, Leste Sergipano, Sertão Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, Leste Alagoano e Metropolitana de Recife. Outra aglomeração espacial foi observada (baixo-alto), sendo esta formada pela Metropolitana de Fortaleza.

Para a convenção “rainha”, em 1994, verificou-se que 5 mesorregiões formaram o *cluster* do tipo alto-alto: Extremo Oeste Baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano, Centro Sul Baiano e Nordeste Baiano. O Leste Sergipano, Sertão Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Alagoano e Agreste Paraibano formaram o *cluster* espacial baixo-baixo. Outra aglomeração espacial foi observada (baixo-alto), sendo esta composta pela Metropolitana de Salvador.

Em 2013, 5 mesorregiões formaram o *cluster* espacial do tipo alto-alto: Vale São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano, Centro Sul Baiano, Nordeste Baiano e São Franciscano Pernambucano. O *cluster* espacial baixo-baixo foi composto pelas seguintes mesorregiões: Agreste Sergipano, Leste Sergipano, Leste Alagoano, Agreste Alagoano, Sertão Alagoano e Sertão Sergipano. A Metropolitana de Salvador, assim como em 1994, compôs a aglomeração espacial do tipo baixo-alto.

Em 1994, a matriz de contiguidade, convenção “rainha” (Per Área), apresentou um *cluster* espacial do tipo alto-alto composto por 2 mesorregiões: Norte Cearense e Metropolitana de Fortaleza. Outro *cluster* espacial também foi observado (baixo-baixo), sendo este formado por: Sudoeste Piauiense, Sudeste Piauiense e Centro Norte Piauiense.

No ano de 2013, o *cluster* espacial do tipo alto-alto foi formado por 5 mesorregiões: Sertões Cearenses, Sertão Paraibano, Sul Cearense, Sertão Pernambucano e São Francisco Pernambucano. O Sertão Sergipano, Leste Sergipano, Leste Alagoano e Agreste Alagoano formaram o *cluster* espacial do tipo baixo-baixo.

Em 1994, a matriz de contiguidade, convenção “torre”, apresentou as seguintes mesorregiões para o *cluster* alto-alto: Extremo Oeste baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano, Nordeste Baiano, Centro Sul Baiano e Sul Baiano. A Metropolitana de Salvador compôs a aglomeração espacial do tipo baixo-alto. O *cluster* espacial do tipo baixo-baixo foi formado por: Leste Sergipano, Sertão Sergipano, Sertão Alagoano, Agreste Alagoano e Agreste Paraibano.

Para 2013, o *cluster* alto-alto da matriz com convenção “torre” foi composto por 5 mesorregiões: Centro Sul Baiano, Vale São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano, Nordeste Baiano e São Francisco Pernambucano. Enquanto que o *cluster* baixo-baixo apresentou a seguinte composição: Sertão Sergipano, Agreste Sergipano, Leste Sergipano, Leste Alagoano e Agreste Alagoano. Outra aglomeração espacial foi encontrada (baixo-alto), sendo esta formada pelo Sul Baiano e a Metropolitana de Salvador.

Na matriz de contiguidade, convenção “torre” (Per Área), notou-se que os *clusters* espaciais (alto-alto e baixo-baixo) foram compostos pelas mesmas mesorregiões verificadas para a matriz de contiguidade, convenção “rainha” para os anos de 1994 e 2013.

3.4 CONCLUSÃO

Para as condições que foram desenvolvidos este artigo, conclui-se:

- No período entre 1994 e 2013, houve um decréscimo de 3,94% a.a. no VBP da lenha no Nordeste;

- A Bahia apresentou a maior participação média ponderada (41,00%) no VBP da lenha no Nordeste;

- Ao mensurar o VBP Per Área, notou-se que o Rio Grande do Norte e Pernambuco foram os estados com maior VBP nos anos de 1994 e 2013, respectivamente;

- Os valores para o I de Moran Global foram positivos, indicando a presença de autocorrelação espacial positiva;

- Para as matrizes de pesos espaciais com 2, 4 e 6 vizinhos mais próximos, os pontos de alavancagens se situaram predominantemente na região baiana;

Para as matrizes de pesos espaciais (Per Área) com 2, 4 e 6 vizinhos mais próximos, os pontos de alavancagens foram observados nas regiões do Ceará e Pernambuco;

Nas matrizes de contiguidade, convenções “rainha” e “torre”, os pontos de alavancagens foram verificados na região baiana;

Nas matrizes de contiguidade (Per Área), convenções “rainha” e “torre”, os pontos de alavancagens se situaram nas regiões do Ceará e Pernambuco;

Quanto à estatística LISA, para as matrizes de pesos espaciais com 2, 4 e 6 vizinhos mais próximos, o *cluster* espacial alto-alto foi composto por mesorregiões baianas. O *cluster* baixo-baixo foi composto por mesorregiões do Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba;

Nas matrizes de pesos espaciais (Per Área) com 2, 4 e 6 vizinhos mais próximos, o *cluster* espacial alto-alto foi formado predominantemente pelas mesorregiões do Ceará e Pernambuco. O *cluster* baixo-baixo foi composto por mesorregiões de Sergipe, Alagoas e Pernambuco;

Para as matrizes de contiguidade, convenções “rainha” e “torre”, o *cluster* espacial do tipo alto-alto foi composto predominantemente pelas mesorregiões baianas. Enquanto que o *cluster* baixo-baixo foi formado pelas mesorregiões do Sergipe e Alagoas;

Nas matrizes de contiguidade (Per Área), convenções “rainha” e “torre”, o *cluster* alto-alto foi constituído, principalmente, por mesorregiões do Ceará e Pernambuco. O *cluster* baixo-baixo foi composto por mesorregiões do Sergipe, Alagoas e Piauí.

3.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: Esalq-USP, 2004. 127 p.

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, São Paulo: Editora Alínea, 2012.

ALMEIDA, M. A. S.; ALMEIDA, E. S.; SARTORIS, A. Criminalidade no Estado de São Paulo: uma análise espacial. In: IV Encontro Nacional da Associação Brasileira de estudos Regionais e Urbanos, 4, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (ABER), 2006.

ANSELIN, L. Spatial Externalities, Spatial Multipliers, and Spatial Econometrics. **International Regional Science Review**, v. 26, n. 2, p. 153-166, 2003.

ANSELIN, L. **The Moran Scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association**. California: Santa Barbara, 1996. 23 p. (Research Paper, 9330).

ARAGÃO, F. M.; GOMES, L. J.; NOGUEIRA, M.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do Consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-SE. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano VII, n.12, agosto de 2008.

AZEVEDO, G. V; SANTOS, D. S; SILVA, G. C; FERREIRA, J. S. Caracterización del consumo de leña por el centro de cerâmica em Ibiassucê-Bahia, Brasil. In: Congresso Florestal Latinoamericano, 5, 2011, Bahia. **Anais...** Disponível em: <http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%204/Gilmar%20Correia%20Silva.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2015.

BATISTA, C. T. **A mineração de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de uso e Ocupação do Solo**. 2010. 146f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2010.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, Jan/Abr., 2007.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia**. São Paulo: IPEF, 1979. 7p. (IPEF. Circular Técnica, 52).

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demanda de ações. **Biomassa & Energia**, Viçosa. v. 1, n. 2, p. 157-163, 2004.

CAPUCHO, T. O. **Produção leiteira no Paraná**: um estudo considerando os efeitos espaciais. 2010, 130f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

Cliff, A. D.; Ord, J. K. **Spatial processes**: models and applications. Taylor & Francis, 1981.

HENRIQUES JR, M. F. **Potencial de financiamento de eficiência energética nos setores de cerâmica e gesso no Nordeste**. Banco Interamericano de Desenvolvimento. 2013. Disponível em: < <https://publications.iadb.org/handle/11319/3671?locale-attribute=pt>>. Acesso em : 15 de outubro de 2015.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology*, v.74, n.6, p.1659-1673, 1993.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e Participação das Florestas na Matriz Energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr/jun. 2011.

NEVES, M. C. **Análise Exploratória Espacial de Dados Sócio-Econômicos de São Paulo**. Embrapa Meio Ambiente e Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/marcos_gisbrasil2000.pdf>. Acesso em: 04 de novembro de 2014.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIN, M. I. S.; FERREIRA, P. G. C. Análise Espacial do Setor Agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova Economia**, v. 17, n. 1, Belo Horizonte, jan./abr. 2007.

PIMENTEL, E. A.; HADDAD, E. A. Análise da distribuição espacial da renda no estado de Minas Gerais: uma abordagem setorial. In: Encontro Nacional da Economia, 32, 2004, Fortaleza. **Anais...Fortaleza**: Associação Nacional de Pós-Graduação em Economia (ANPEC) 2004.

REIS, E. J.; GUZMÁN, R. M. Um modelo ecométrico do desflorestamento da Amazônia. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 23, n.1, abr. 1993.

REIS, E. J.; MARGULIS, S. Options for slowing Amazon jungle-clearing. In: DORRNBUSH, R.; POTERBA, J. (Eds). **Global warming: the economic policy responses**. Cambridge, MA: MIT, Press, p. 335-375, 1991.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão Energética. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Org). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília-DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 65-75.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de Florestas Energéticas de Eucalyptus no pólo gesseiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vols. 5 e 6, p. 301-319, 2008-2009.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da Biomassa Florestal na Geração de Energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano IV, nº 8, agosto de 2006.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, 2008.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e Caracterização Energética da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

4 ARTIGO 3 - CONVERGÊNCIA ESPACIAL DO VALOR BRUTO DE PRODUÇÃO DE LENHA NAS MESORREGIÕES DO NORDESTE BRASILEIRO (1994-2013)

RESUMO

A lenha é a fonte energética mais antiga usada pelo homem, sendo empregada na cocção de alimentos e para aquecimento. Ao possuir um baixo custo e por ser uma das bases energéticas dos países em desenvolvimento, ficou conhecida como “energia dos pobres”. Este artigo analisou o processo de convergência no valor bruto de produção de lenha nas mesorregiões do Nordeste brasileiro no período de 1994 e 2013. E, especificamente, verificou como ocorre a dependência espacial do valor bruto de produção de lenha entre as mesorregiões do Nordeste brasileiro. Os dados utilizados foram: o Valor Bruto de Produção de lenha por km² (per área) das mesorregiões do Nordeste brasileiro. Aplicou-se o Modelo de Convergência absoluta e estimou 2 modelos espaciais: o Modelo de Defasagem Espacial (SAR) e o Modelo de erro autorregressivo espacial (SEM). Após a estimação dos modelos, concluiu-se que: O modelo convergiu para o valor bruto de produção de lenha; Para ambas as matrizes (*queen* e *rook*), os Modelos SAR e SEM se apresentaram adequados, resolvendo o problema da dependência espacial; Em relação ao Critério de Informação de Akaike (AIC), o Modelo SEM obteve menores valores em relação ao Modelo SAR, configurando-se assim, como melhor modelo.

Palavras-Chave: Economia florestal, dependência Espacial, econometria espacial.

**CONVERGENCE SPACE OF THE GROSS VALUE OF FIREWOOD
PRODUCTION IN THE BRAZILIAN NORTHEAST MESORREGIONS
(1994-2013)**

ABSTRACT

Firewood is the oldest source of energy used by man and is used to cook food and heating. To have a low cost and energy as one of the bases of developing countries, it became known as the "energy of the poor". This article analyzed the convergence process in the gross value of production of firewood in the Brazilian Northeast mesoregions the 1994 period and 2013. And specifically, was analyze as occur the spatial dependence of the gross value of production of firewood between the mesoregions northeast Brazil. The data used were: the gross value of firewood production per km² (per area) to the mesoregions of northeast Brazil. Applied the absolute convergence model and estimated two models: the Model Space Gap (SAR) and spatial autoregressive error model (SEM). After estimating the models, it was concluded that: The model converged on the gross amount of firewood production; For both matrices (queen and rook), the SAR and SEM models presented adequate, solving the problem of spatial dependence; Regarding the Akaike Information Criterion (AIC), the Model SEM obtained lower values compared to the Model SAR, setting up as well as the best model.

Keywords: Forest Economy, Space dependence, spatial econometrics.

4.1 INTRODUÇÃO

A lenha, dentre as fontes energéticas, é o produto mais antigo utilizado para este fim. No início da civilização, a lenha era usada para fabricação do fogo e sua comercialização iniciou com o surgimento das primeiras vilas e cidades. O crescimento das cidades gerou um aumento da demanda de energia, promovendo a exploração além da sua capacidade de regeneração florestal. Isto provocou a falta de lenha em algumas regiões (UHLIG, 2008).

Nas regiões tropicais, a lenha tem baixo custo e não precisa de processamento antes do uso. Sendo uma das fontes energéticas em países em desenvolvimento, é denominada “energia dos pobres”. No Brasil, 8,1% da oferta interna de energia provem dos recursos florestais (lenha e carvão vegetal). Embora a lenha apresente grande importância na matriz energética brasileira, observa-se a escassez de oferta de lenha em algumas regiões brasileiras. Seja pela redução da exploração, aumento de preços e necessidade de reflorestamentos. O uso mais intensivo da lenha como energético concentra-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2006a e b; UHLIG, 2008; BRASIL, 2015; BRITO e DEGLISE, 1991).

No Nordeste, a produção de lenha acompanha a demanda. Os produtores diminuem a produção a medida que não há compradores a preços compensatórios. O volume e a distribuição geográfica da oferta de lenha dependem de compradores dispostos a pagar preços que interessem ao produtor. Este atual padrão de oferta pode oferecer o seguinte risco: a concentração da produção próxima aos polos consumidores pode gerar uma degradação por super-exploração da lenha (RIEGELHAUPT e PAREYN, 2010).

Na literatura econômica de crescimento econômico, há abundância de estudos que testam a hipótese de convergência do Produto Interno Bruto (PIB) ou da Renda, seja entre nações ou entre regiões de um país. Na Teoria Neoclássica, os modelos de convergência são considerados com os seguintes fatores: progresso tecnológico, poupança exógena, taxas de retornos decrescentes dos fatores de produção e tendência a um estado estacionário. Estes modelos consideram que, caso as economias possuam tecnologias e preferências parecidas, as economias mais pobres terão uma taxa de crescimento do PIB mais rápida em relação às mais ricas. Deste modo, haverá uma redução da distância de desenvolvimento entre elas (SPOHR e FREITAS, 2011).

Para Esperidião, Meirelles e Bittencourt (2009), existem duas formas de convergência: absoluta, que ocorre quando as economias convergem para o mesmo estado estacionário, e a condicional, que acontece quando as economias convergem para seus próprios estados estacionários.

Para conciliar as necessidades de uso da lenha com a conservação florestal, faz-se necessário uma orientação de políticas públicas, voltado aos programas de manejo efetivos (MEDEIROS, 2010). É importante compreender como se distribui espacialmente a produção de lenha no Nordeste, bem como esta produção se relaciona inter-regionalmente; identificando uma possível dependência espacial.

A dependência espacial ou autocorrelação espacial define-se como a presença de correlação positiva ou negativa entre a distância entre pontos e a similaridade nos valores mensurados em uma determinada variável num grau maior que o esperado pela casualidade. Quando os valores não são independentes do ponto de vista estatístico, diz-se que estes são autocorrelacionados. Isto viola um dos pressupostos dos testes tradicionais: a independência dos dados da amostra (LEGENDRE, 1993).

Os modelos econométricos espaciais incorporam o problema da dependência espacial entre os dados, o que melhora o poder preditivo dos modelos. A econometria espacial trata-se de uma área da econometria composta por técnicas que trabalham com as particularidades inerentes ao espaço: inter-relações espaciais e estrutura espacial (ANSELIN, 2002).

Nota-se a importância de estudos sobre a lenha que trate de efeitos espaciais no valor bruto de produção desta fonte energética, principalmente no Nordeste brasileiro. Assim, este artigo analisou a convergência espacial do valor bruto de produção de lenha no Nordeste brasileiro.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados foram o Valor Bruto de Produção (VBP) da lenha do extrativismo vegetal para as mesorregiões do Nordeste brasileiro, para os anos de 1994 a 2013. Os dados foram coletados a partir do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os valores foram corrigidos pelo IGP-DI (Base 2012 = 100). Após a correção monetária, os VBP's de cada mesorregião

foram divididos pela área (km²), obtida no IBGE. Isto garantiu a não influência da dimensão territorial nos resultados. Logo, o índice per área indicou o VBP/km² da lenha no extrativismo.

4.2.2 Modelos de Convergência Absoluta

Os modelos clássicos de crescimento econômico predizem que, caso satisfeita a condição de livre mobilidade de fatores de produção, as rendas per capita das diferentes regiões de um país se equalizam. Para a teoria neoclássica, isto ocorre devido a existência de rendimentos marginais decrescentes no uso de fatores de produção (FERREIRA, 1995).

O modelo de Solow (1956; 1957) foi um dos precursores neste tipo de análise. Neste modelo, o progresso tecnológico é considerado exógeno e determina o crescimento per capita sustentado. Com o surgimento dos modelos de crescimento endógeno, Solow acrescentou o capital humano em seu modelo. Assim, a inovação tecnológica estaria vinculada ao capital humano.

A convergência pode ser mensurada de duas formas: σ - convergência e β - convergência. A primeira trata-se da dispersão de valores de uma variável, de maneira que quando há uma redução na dispersão ao longo do tempo, tem-se convergência. A segunda está relacionada à velocidade de convergência. A β - convergência é classificada como absoluta ou condicional. A absoluta ocorre quando as economias convergem para o mesmo estado estacionário. Enquanto que a condicional é verificada quando as economias convergem para seus próprios estados estacionários (BARRO e SALA-I-MARTIN, 1990; 1991).

O teste da convergência absoluta, geralmente, é realizado por meio da regressão de mínimos quadrados ordinários da taxa de crescimento do PIB em relação ao logaritmo da renda per capita inicial. A existência de produtividade marginal decrescente do capital faz com que regiões com baixo nível de estoque de capital apresentem altas taxas de retorno do mesmo. Para um coeficiente negativo de β sinaliza a ocorrência de convergência absoluta (FREITAS, 2010).

Caso as diferenças nos níveis de renda per capita não forem consideradas como as únicas diferenças significativas entre os países ou regiões, a hipótese de β convergência absoluta se torna falha. Com isso, a aplicação do teste da convergência condicional se torna indicada. No entanto, quando há divergência de renda, esta não elimina a existência de

tendência à convergência (SALA-I-MARTIN, 1996).

Quah (1996) afirma que mesmo não havendo evidências de convergência global, algumas regiões podem se aproximar uma das outras em termos de renda per capita. Um grupo de unidades regionais pode chegar a um equilíbrio particular, com características correspondentes ou se encontre numa localização inicial correspondente àquele equilíbrio; caracterizando a ideia de clubes de convergência com base na existência de equilíbrios múltiplos.

Outra abordagem relativa à convergência são os modelos de convergência local. Tais modelos fornecem informações acerca do coeficiente β para cada região da amostra. Esta abordagem soluciona o problema da convergência global quando o β global sinaliza convergência, mas não implica que todas as regiões amostradas estejam em convergência (FREITAS, 2010).

Neste artigo verificou a hipótese da convergência absoluta para o Valor Bruto de Produção da lenha para as mesorregiões do Nordeste. O modelo de β convergência absoluta foi expresso por (ALMEIDA *et al.*, 2008):

$$\ln\left(\frac{VBP_{2013}}{VBP_{1994}}\right) = \alpha + \rho W \ln\left(\frac{VBP_{2013}}{VBP_{1994}}\right) + \beta \ln(VBP_{1994}) + \xi \quad (4.1)$$

$$\xi = \lambda W \xi + \varepsilon \quad (4.2)$$

em que,

$\ln\left(\frac{VBP_{2013}}{VBP_{1994}}\right)$ = logaritmo natural da razão entre o Valor Bruto de Produção da lenha em

2013 e 1994;

$\ln(VBP_{1994})$ = logaritmo natural do Valor Bruto de Produção no período inicial;

ξ = o termo de erro;

$W \ln(VBP_{1994})$ = defasagem espacial do Valor Bruto de Produção no período inicial, e;

ε = termo de erro com média zero e variância constante.

Ressalta-se que ρ é o coeficiente de defasagem espacial e sendo $\rho > 0$, sugere-se a presença de autocorrelação espacial positiva. Caso o β seja negativo, tem-se a existência de convergência absoluta, isto é, as mesorregiões com maior VBP de lenha possuem

menores taxas de crescimento.

4.2.3 Econometria Espacial

Os modelos econométricos espaciais tratam de problemas potenciais originados pela existência de efeitos espaciais na análise da regressão. A dependência espacial, um desses efeitos, surge como consequência de autocorrelação em variáveis explicativas (Wx), dependentes (Wy) ou no termo de erro (Wu) (SCHUMACHER, 2013).

A origem da autocorrelação espacial define o tipo de especificação do modelo de regressão que deve ser adotado. As causas da autocorrelação podem ser de dois tipos: residual e substantiva. Na forma residual, é oriunda de erros de medida, onde há pouca correspondência entre o âmbito espacial do fenômeno e as unidades espaciais de observação. Na forma substantiva, nota-se que o que acontece em um ponto espacial é determinado pelo que ocorre em outro ponto. Isto se deve à interdependência no tempo e no espaço de unidades espaciais (PINEDA 2006 apud SCHUMACHER, 2013).

Na análise dos modelos de dependência espacial, a escolha da melhor matriz de dependência espacial foi com base no proposto por Baumont (2004), de acordo com os passos a seguir:

1. Estimação do modelo clássico de regressão linear;

A análise de regressão linear simples estima o valor médio das variáveis dependentes por meio de valores conhecidos ou fixados de uma variável explicativa, a partir da relação (GUJARATI, 2000):

$$E(Y / X_i) = f(X_i) \quad (4.3)$$

Esta equação expressa que a média da distribuição Y , dado um X_i , relaciona-se funcionalmente com X_i e que a média de Y varia com X .

Ao utilizar a regressão linear simples, presume-se que há uma relação linear entre as variáveis. Logo, a equação de Gujarati (2000), pode ser reescrita como:

$$E(Y / X_i) = \beta_1 + \beta_2 X_i + \xi \quad (4.4)$$

Onde β_1 e β_2 são parâmetros fixos desconhecidos, denominados de coeficientes de regressão. O ξ indica que a relação não pode ser representada perfeitamente por uma linha reta, pois mesmo que os parâmetros (β_1 e β_2) fossem conhecidos, não haveria como prever o valor real de Y.

O Modelo Clássico de Regressão Linear pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários possui 10 hipóteses básicas (GUJARATI, 2000):

- a) O modelo é uma função linear nos parâmetros;
- b) Valores das variáveis explicativas sejam fixos em amostras repetidas;
- c) A média condicional do termo de erro (ξ) é zero;
- d) A variância do erro condicional às variáveis explicativas é constante;
- e) Independência dos erros;
- f) A covariância entre X_i e ξ é zero;
- g) A quantidade de observações é sempre maior que o número de parâmetros estimados;
- h) Os valores de X, em uma determinada amostra, não podem ser todos iguais;
- i) O modelo de regressão deve estar corretamente especificado;
- j) Não colinearidade perfeita.

No modelo clássico de regressão linear considerou-se como variável dependente o logaritmo natural do VBP da lenha Per Área do ano 2013 em relação a 1994:

$\ln\left(\frac{VBP_{2013}/km^2}{VBP_{1994}/km^2}\right)$. A variável independente foi o logaritmo natural do VBP da lenha Per

Área em 1994: $\ln(VBP_{1994}/km^2)$. A fim de testar a presença da dependência espacial, fez-se uso das seguintes matrizes: contiguidade (convenções “rainha” e “torre”) e número de vizinhos mais próximos (1, 2, 3, 4 e 5 vizinhos).

2. Teste dos resíduos do modelo para a autocorrelação espacial, usando o I de Moran para um conjunto de matrizes W;

Na estimação do modelo clássico de regressão linear para cada matriz de ponderação espacial, calculou-se o I de Moran para os resíduos do modelo. Isto serviu para

averiguar a presença de autocorrelação espacial para o conjunto de matrizes analisadas.

O teste I de Moran é um teste utilizado para averiguar a presença de autocorrelação espacial dos resíduos da regressão. Para Cliff e Ord (1973), o teste de I de Moran é expresso como:

$$I = \frac{n}{S_0} \left(\frac{e'We}{e'e} \right) \quad (4.5)$$

Em que,

$e = y - X\beta^*$, onde β^* é o estimador MQO para β .

$S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$, representando um fator de normalização.

No teste I de Moran, são assumidas duas hipóteses: a hipótese nula, na qual os resíduos do modelo estimado por MQO são distribuídos de forma aleatória no espaço; e a hipótese alternativa, onde se considera a presença de dependência espacial. Caso a hipótese nula seja rejeitada, indica autocorrelação espacial entre os resíduos (ALMEIDA, 2012).

3. Seleção da matriz de pesos espaciais que tenha gerado o maior valor do teste I de Moran, e que seja significativo estatisticamente.

Ao verificar a presença de autocorrelação espacial, foram observados os valores para o Teste I de Moran e escolheu a matriz de ponderação que apresentou maior valor estatisticamente significativo obtido neste teste.

Para a escolha do melhor modelo espacial, foi utilizado o seguinte procedimento (ALMEIDA, 2012):

- a. Estimação do modelo MCRL por MQO, sem nenhuma defasagem espacial;

Estimou-se o modelo clássico de regressão linear pelos Mínimos Quadrados Ordinários. Considerou como variável dependente o logaritmo natural do VBP da lenha Per Área do ano 2013 em relação a 1994: $\ln\left(\frac{VBP_{2013}/km^2}{VBP_{1994}/km^2}\right)$. Enquanto que a variável independente foi o logaritmo natural do VBP da lenha Per Área em 1994: $\ln(VBP_{1994}/km^2)$.

- b. Teste dos resíduos por meio de algum teste de autocorrelação espacial difuso, tais como o I de Moran ou teste KR;

No presente trabalho, foi usado o teste do I de Moran para os resíduos do modelo clássico de regressão linear de forma a identificar a presença ou não de autocorrelação espacial.

- c. Caso não existam evidências de autocorrelação espacial, deve-se permanecer com o modelo estimado por MQO. Se houver dependência espacial, segue-se para o próximo passo;

Ao verificar a presença de autocorrelação espacial por meio do teste do I de Moran, descartou-se o modelo clássico de regressão linear e partiu para as modelagens econométricas espaciais.

- d. Estimação dos modelos espaciais;

Realizou dois tipos de modelagens econométricas espaciais: o Modelo de Defasagem Espacial (SAR) e o Modelo de erro autorregressivo espacial (SEM). Utilizou-se o método da Máxima Verossimilhança.

No modelo de defasagem espacial (*Spatial Autoregressive Model*), a regressão espacial considera a variável dependente espacialmente defasada, Wy , como uma variável explicativa (CAPUCHO, 2010). Para Anselin, Vargas e Acs (2000), a notação matricial do modelo pode ser representado por:

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (4.6)$$

em que,

y = matriz de variáveis dependentes;

Wy = variável dependente defasada espacialmente

ρ = intensidade das interdependências entre as observações amostrais da variável endógena

X = matriz de variáveis independentes;

β = coeficientes estimados na regressão e;

ε = o termo de erro distribuído com média zero e variância constante.

Para Almeida (2012), no modelo SAR, a estimação dos parâmetros por meio do método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) pode gerar um viés, tornando-se tendencioso e inconsistente. Logo, a estimação é realizada via máxima verossimilhança.

A importância do método de máxima verossimilhança encontra-se nas propriedades assintóticas de consistência, eficiência e normalidade (ARBIA, 2006).

Ao aumentar o tamanho da amostra para atingir as propriedades assintóticas do estimador de Máxima Verossimilhança, verifica-se que a estimação de modelos econométricos-espaciais envolve a otimização de uma função log-verossimilhança não linear.

No modelo de erro autorregressivo espacial (SEM), os efeitos da autocorrelação espacial estão associados ao termo de erro ε , sendo o modelo expresso por (RÊGO e PENA, 2012):

$$y = X\beta + \varepsilon, \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \xi \quad (4.7)$$

em que

$W\varepsilon$ = erros com efeito espacial;

ξ refere-se aos erros aleatórios com média zero e variância σ^2 ;

λ trata-se do coeficiente autoregressivo.

Ressalta-se que a hipótese nula para a ausência de autocorrelação é que $\lambda = 0$.

O parâmetro espacial λ , mesmo não aparecendo explicitamente como variável explicativa, aparece na estimação da matriz β dos coeficientes da regressão. Isto faz com que a estimativa da matriz β do modelo SEM se diferencie da matriz do modelo a-espacial (RÊGO e PENA, 2012).

O modelo escolhido foi o que atendeu a duas condições: não possuir evidências de autocorrelação espacial em seus resíduos e apresentar o menor critério de informação de Akaike (AIC).

O Critério de Informação de Akaike (AIC) baseia-se no máximo da função de verossimilhança e é utilizado como um procedimento para a escolha do melhor modelo econométrico (BOZDONGAN, 1987). A estimativa do AIC para um dado modelo é:

$$AIC = -2LIK + 2k \quad (4.8)$$

Onde LIK é a função de verossimilhança e k trata-se do número de parâmetros. Quanto menor o valor do AIC, melhor o modelo.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Análise do Crescimento do Valor Bruto de Produção da Lenha

A Tabela 1 apresenta o Valor Real Bruto de Produção Per Área (VBP/km²) da Lenha do Extrativismo nas mesorregiões do nordeste brasileiro, para os anos de 1994 e 2013 (IGP-DI Base 2012=100). No período analisado, o Nordeste Brasileiro (1.554.291.744 km²) mostrou um decréscimo de 3,94% a.a. no VBP/km² da lenha. No entanto, algumas mesorregiões mostraram variações positivas: Sertão Pernambucano (6,68% a.a.), Sudeste Piauiense (3,71% a.a.), São Francisco Pernambucano (3,42% a.a.), Sudoeste Piauiense (1,88% a.a.), Borborema (1,32% a.a.) e Sul Maranhense (0,55% a.a.).

As maiores variações positivas foram nas mesorregiões dos estados de Pernambuco, Piauí e Paraíba. Isto pode ser explicado pelos municípios que compõem o polo gesseiro da Chapada do Araripe, onde o consumo de lenha atinge valores de 30.000 m³ por mês; resultando em um desmatamento de aproximadamente 25 ha/dia. A crescente demanda de lenha pelo polo gesseiro justifica a tendência do uso da lenha, por seu baixo custo. O uso da lenha no processo de calcinação no polo gesseiro do Araripe reduz os custos em torno de 80,44% (SILVA, 2008-2009).

Os maiores VBP/Km² do nordeste brasileiro estão nos estados do Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Bahia. Dentre as mesorregiões, em 1994, verificou-se que a maior produtora per área de lenha foi a Metropolitana de Fortaleza (2,9228). Seguida do Norte Cearense (1,3622), Central Potiguar (1,3220) e Oeste Potiguar (1,2039). Em 2013, as mesorregiões com maiores VBP's/km² foram: Sertão Pernambucano (0,5799), Oeste Potiguar (0,4596), Centro Norte Baiano (0,4338) e Sul Cearense (0,4101). Os maiores VBP's/Km² de lenha verificados para estas regiões estão relacionados à produção de cerâmicas nestes estados, tendo em vista que tais estados juntamente com o Piauí e o Maranhão destacam-se como produtores cerâmicos no Nordeste (SILVEIRA, 2007).

No estado do Maranhão, em 1994, as mesorregiões que mostraram maiores valores para a produção de lenha per área foram o Leste Maranhense (0,7731) e Norte Maranhense (0,5100). De 1994 a 2013, houve uma redução no crescimento médio anual da produção destas mesorregiões: Norte Maranhense (- 3,59% a.a.) e Leste Maranhense (- 6,20% a.a.).

Tabela 4.1. Valor Real Bruto de Produção da Lenha Per Área (VBP/km²) do Extrativismo Vegetal (R\$1.000,00), nas Mesorregiões do Nordeste brasileiro, para os anos de 1994 e 2013 (IGP-DI Base 2012=100).

Mesorregiões do Nordeste		Área (km ²)	VBP / Km ² 1994	VBP / Km ² 2013
Maranhão	Norte Maranhense	52.491,41	0,5100	0,2544
	Oeste Maranhense	86.873,69	0,1137	0,0240
	Centro Maranhense	54.179,28	0,1243	0,1120
	Leste Maranhense	70.693,12	0,7731	0,2291
	Sul Maranhense	67.699,45	0,1378	0,1529
Piauí	Norte Piauiense	22.186,49	0,1640	0,0748
	Centro Norte Piauiense	55.254,48	0,0844	0,0554
	Sudoeste Piauiense	128.008,00	0,0271	0,0386
	Sudeste Piauiense	46.162,96	0,0688	0,1375
Ceará	Noroeste Cearense	34.527,15	0,4096	0,3170
	Norte Cearense	21.063,28	1,3622	0,3737
	Metropolitana de Fortaleza	3.767,71	2,9228	0,0447
	Sertões Cearenses	46.250,89	0,5969	0,2120
	Jaguaribe	18.440,96	0,6650	0,1595
	Centro-Sul Cearense	9.944,19	0,9556	0,2045
	Sul Cearense	14.892,13	0,8627	0,4101
Rio Grande do Norte	Agreste Potiguar	9.385,437	0,3398	0,2696
	Central Potiguar	15.810,34	1,3220	0,3806
	Leste Potiguar	6.440,314	1,0674	0,0219
	Oeste Potiguar	21.175,04	1,2039	0,4596
Paraíba	Agreste Paraibano	12.931,05	0,2299	0,0887
	Borborema	15.576,81	0,1590	0,2038
	Mata Paraibana	5.232,70	0,0316	0,0094
	Sertão paraibano	22.729,19	0,2910	0,2085
Pernambuco	Agreste Pernambucano	24.549,08	0,3321	0,0887
	Mata Pernambucana	8.402,31	0,0820	0,0262
	Metropolitana de Recife	2.787,47	-	-
	São Francisco Pernambucano	24.457,52	0,2159	0,4093
	Sertão Pernambucano	37.952,75	0,1697	0,5799
Alagoas	Agreste Alagoano	5.764,09	0,0876	0,0101
	Leste Alagoano	13.243,58	0,1796	0,0080
	Sertão Alagoano	8.767,33	0,3477	0,1221
Sergipe	Agreste Sergipano	5.902,86	0,1966	0,0370
	Leste Sergipano	8.700,05	0,4805	0,0140
	Sertão Sergipano	7.315,57	0,1342	0,0454
Bahia	Centro Norte baiano	82.110,40	0,4477	0,4338
	Centro Sul baiano	127.914,90	0,5008	0,2506
	Extremo Oeste baiano	117.438,00	0,1777	0,0701
	Metropolitana de Salvador	11.282,61	0,5896	0,1306
	Nordeste baiano	56.461,91	0,3778	0,1372
	Sul baiano	54.705,69	0,7915	0,0605
	Vale são Franciscano da Bahia	114.819,6	0,5261	0,1759

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do IBGE.

No Piauí, em 1994, a mesorregião que mostrou um maior VBP/km² de lenha foi o Norte Piauiense (0,1640). No ano de 2013, o maior VBP/km² de lenha foi observado para o

Sudeste Piauiense. O Norte Piauiense, de 1994 a 2013, apresentou uma retração no crescimento médio anual de 4,05% a.a.. Enquanto que o Sudeste Piauiense obteve um crescimento médio anual de 3,71% a.a..

No Ceará, a mesorregião Metropolitana de Fortaleza foi o maior VBP/km²(2,9228), no ano de 1994, seguida do Norte Cearense (1,3622) e Centro Sul Cearense (0,9556). De 1994 a 2013, verificou que houve um decréscimo médio anual do VBP de lenha destas mesorregiões: Metropolitana de Fortaleza (-19,75% a.a.), Norte Cearense (-6,58% a.a.) e Centro Sul Cearense (-7,79% a.a.). No ano de 2013, a mesorregião com maior VBP de lenha foi o Sul Cearense (0,4101).

No Rio Grande do Norte, em 1994, as mesorregiões com maiores VBP's/km² foram: Central Potiguar (1,3220), Oeste Potiguar (1,2039) e Leste Potiguar (1,0674). Houve uma retração, de 1994 a 2013, no crescimento médio anual do VBP para estas mesorregiões: Central Potiguar (-6,34% a.a.), Oeste Potiguar (-4,94% a.a.) e Leste Potiguar (-18,50% a.a.).

Estas retrações estão associadas ao consumo exacerbado da lenha, realizado em períodos anteriores, como fonte energética por parte de cerâmicas, caieiras, queijeiras, panificadoras, casas de farinha, olarias, carvoarias, unidades de fabricação de biscoitos caseiros, docerias, alambique, engenhos, mineração, indústrias de torrefação, têxtil, de margarina e de sabão, etc.. Com isso, houve um descontrole no uso da vegetação nativa, gerando problemas de equilíbrio entre oferta e demanda; além de favorecer o fenômeno da desertificação (MORAIS, 2004).

Dentre as mesorregiões que compõem a Paraíba, o Sertão Paraibano apresentou maior VBP de lenha per área (0,2910) em 1994. Seguido do Agreste Paraibano (0,2299) e Borborema (0,1590). De 1994 a 2013, estas mesorregiões apresentaram as seguintes variações para o crescimento médio anual do VBP: Sertão Paraibano (-1,74% a.a.), Agreste Paraibano (-4,89% a.a.) e Borborema (+1,32% a.a.). Assim como em 1994, o Sertão Paraibano foi a mesorregião com maior VBP de lenha Per Área (0,2085) no ano de 2013. Em Pernambuco, no ano de 1994, observou-se que as mesorregiões com maiores VBP's foram: Agreste Pernambucano (0,3321), São Francisco Pernambucano (0,2159) e Sertão Pernambucano (0,1697). No período de 1994 a 2013, notou que as seguintes variações no crescimento médio anual do VBP Per área da lenha: Agreste Pernambucano (-6,71% a.a.), São Francisco Pernambucano (+3,42% a.a.) e Sertão Pernambucano (+6,68% a.a.). Em 2013, as mesorregiões Sertão Pernambucano (0,5799), São Francisco Pernambucano

(0,4093) e Agreste Pernambucano (0,0887) apresentaram maiores valores para o VBP Per área de lenha.

As variações positivas observadas, principalmente em relação ao Sertão Pernambucano, estão relacionadas ao Arranjo Produtivo Local (APL) do Polo Gesseiro do Araripe, o qual responde por 94% da produção nacional de gesso. Em 2008, a produção gesseira foi em torno de 4,2 milhões de toneladas, o que demandou cerca de 2,94 milhões de metros de estéreos (mst) de lenha. Juntamente com outros setores produtivos, verifica-se que a demanda de lenha como fonte energética supera os 4 milhões de mst (SILVA, 2008-2009).

No Estado de Alagoas, em 1994, o maior VBP/Km² de lenha observado foi da mesorregião Sertão Alagoano (0,3477). Seguido do Leste Alagoano (0,1796) e Agreste Alagoano (0,0876). Houve um decréscimo médio anual do VBP Per área de lenha para estas mesorregiões, no período de 1994 a 2013: Agreste Alagoano (-10,75% a.a.), Leste alagoano (-15,10% a.a.) e Sertão Alagoano (-5,36% a.a.). Em 2013, assim como em 1994, o maior VBP Per área de lenha foi do Sertão Alagoano (0,1221). Seguido do Agreste Alagoano (0,0101) e Leste Alagoano (0,0080).

No ano de 1994, em Sergipe, as mesorregiões apresentaram os seguintes valores para o VBP/Km² de lenha: Leste Sergipano (0,4805), Agreste Sergipano (0,1966) e Sertão Sergipano (0,1342). De 1994 a 2013, houve retrações no crescimento médio anual do VBP per área de lenha: Leste Sergipano (-16,98% a.a.), Agreste Sergipano (-8,42% a.a.) e Sertão Sergipano (-5,54% a.a.). No ano de 2013, os valores referentes ao VBP per área de lenha foram: Sertão Sergipano (0,0454), Agreste Sergipano (0,0370) e Leste Sergipano (0,0140).

A queda no crescimento médio anual do VBP/Km² de lenha para as mesorregiões do Sergipe pode ser explicada pela ausência de plantio de espécies florestais com rápido crescimento e a falta de projetos de licenciamento de manejo da caatinga junto aos órgãos ambientais. Junto a isto, a demanda de lenha, principalmente por parte do setor cerâmico, promove um desequilíbrio entre a oferta e demanda deste recurso no Estado (ARAGÃO et al., 2008).

Em relação a Bahia, no ano de 1994, verificou-se que a mesorregião com maior VBP Per área de lenha foi o Sul Baiano (0,7915). Em seguida: Metropolitana de Salvador (0,5896) e Vale São Francisco da Bahia (0,5261). Estas mesorregiões, de 1994 a 2013, apresentaram queda no crescimento médio anual do VBP Per área de lenha: Sul Baiano (-

12,66% a.a.), Metropolitana de Salvador (-7,63% a.a.) e Vale São Franciscano da Bahia (-5,60% a.a.). Em 2013, as mesorregiões com maiores valores para o VBP Per área foram: Centro Norte Baiano (0,4338), Centro Sul Baiano (0,2506) e Vale São Franciscano da Bahia (0,1759).

4.3.2 Convergência no Valor Bruto de Produção da Lenha

A Tabela 4.2 apresenta o Modelo Clássico de Regressão Linear via Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para as matrizes de vizinhos mais próximos e de contiguidade (“*queen*” e “*rook*”). Verificou que o coeficiente da constante, assim como a variável independente $\ln(\text{VBP}_{1994}/\text{km}^2)$ apresentaram valores com sinais negativos, conforme mostrado na equação 4.9. Os p-valores da variável independente é significativo a 5%.

$$y = -1,5712 - 0,4543(\text{VBP}_{1994}/\text{km}^2) + \varepsilon \quad (4.9)$$

Embora observado divergência em grande parte das mesorregiões, o sinal negativo da variável independente mostra ocorrência da convergência absoluta. Algumas mesorregiões com baixos valores para o VBP/Km^2 de lenha estão crescendo a taxas maiores que mesorregiões com $\text{VBP}'\text{s}/\text{Km}^2$ mais altos.

A convergência global no VBP/Km^2 da lenha está associada à disponibilidade de vegetação, a intensificação da exploração florestal e o aumento da expansão agrícola e urbana. As mesorregiões com altos valores para o VBP/Km^2 da lenha foram bastante exploradas, reduzindo a disponibilidade de recursos florestais e decrescendo na produção de lenha. Com a evolução das práticas de manejos sustentáveis da floresta da caatinga, verificou mesorregiões promissoras para a produção de lenha nos estados de Pernambuco, Paraíba e Piauí. Alguns municípios destas mesorregiões compõem como forte demandante de lenha.

No entanto, o teste residual do modelo (P-valor Residual) indicou a presença de autocorrelação espacial para as seguintes matrizes analisadas, apresentando assim, um p-valor residual estatisticamente significativo a 5%: 2 vizinhos (0,031000), 3 vizinhos (0,019000), 4 vizinhos (0,017000), 5 vizinhos (0,027000), *queen* (0,010000) e *rook* (0,008000). Logo, o VBP/Km^2 de lenha de uma determinada mesorregião está associado a

outra(s) mesorregião(ões). A dependência espacial observada no VBP da lenha está atrelada as diferenças de disponibilidade de vegetação entre as mesorregiões. Além, das áreas político-administrativas se diferirem das áreas de vegetação, podendo a exploração de uma área ser contabilizada em outra; o que gera erros de medida. Este resultado sugere que o Modelo Clássico de Regressão Linear não é adequado para as estimações econométricas, o que exige os modelos com correções espaciais.

Tabela 4.2. Modelo Clássico de Regressão Linear via Mínimos Quadrados Ordinários para o VBP/km² de lenha das mesorregiões do Nordeste brasileiro, no período de 1994-2013.

Matriz Pesos Espaciais	I de Moran	
	Teste I	P-Valor Residual
1 vizinho	1,2800	0,1040
2 vizinhos	1,9948	0,0310
3 vizinhos	2,2840	0,0190
4 vizinhos	2,3347	0,0170
5 vizinhos	2,7265	0,0270
<i>Queen</i>	2,7303	0,0100
<i>Rook</i>	2,7617	0,0080

Fonte: Elaboração Própria a partir de resultados obtidos no software Geoda.

Ao analisar o Teste I de Moran, com o intuito de selecionar a melhor matriz de ponderação de pesos espaciais pelo critério de Baumont (2004), observou que o maior valor obtido no Teste foi proveniente da matriz de contiguidade tipo *rook* (2,7617). Seguido da matriz de contiguidade tipo *queen* (2,7303).

A Tabela 4.3 mostra a estimação dos modelos econométricos SAR e SEM para as matrizes de ponderação espacial de contiguidade tipos *queen* e *rook*. No modelo SAR, considerando a matriz de ponderação *queen*, verificou que tanto o coeficiente da variável constante como o coeficiente da variável independente $\ln(\text{VBP}_{1994}/\text{km}^2)$ apresentaram valores com sinais negativos. Assim como explanado no Modelo Clássico de Regressão Linear, o resultado do VBP/Km² do ano inicial indica que mesorregiões com VBP/Km² mais baixos estão crescendo a taxas maiores que as mesorregiões com maiores VBP/Km². Ou seja, há uma tendência de convergência no valor bruto de produção de lenha nas mesorregiões do nordeste brasileiro.

Tabela 4.3. Modelos Econométricos espaciais SAR e SEM para as matrizes de contiguidade tipo *queen* e *rook*, considerando o VBP/Km² de lenha para as mesorregiões do Nordeste brasileiro, no período de 1994-2013.

	Modelo SAR		Modelo SEM	
	<i>Queen</i>	<i>Rook</i>	<i>Queen</i>	<i>Rook</i>
AIC	122,774	122,932	121,065	120,893
P-Valor Residual	0,2120	0,2380	0,3130	0,3020
Coefficiente da constante	-1,1226	-1,1660	-1,6101	-1,6496
Coefficiente do ln(VBP₁₉₉₄/km²)	-0,4179	-0,4404	-0,46107	-0,4911
P-Valor da constante	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
P-Valor do ln(VBP₁₉₉₄/km²)	0,0041	0,0026	0,0036	0,0018
Erro Padrão da constante	0,2844	0,2867	0,3043	0,3027
Erro Padrão do ln(VBP₁₉₉₄/km²)	0,1457	0,1465	0,1582	0,1570

Fonte:Elaboração Própria a partir de resultados obtidos no software Geoda.

Os p-valores das variáveis (constante e dependente) foram estatisticamente significativos a 5%: constante (0,00008) e ln(VBP₁₉₉₄) (0,00413). Ressalta-se que o Modelo SAR conseguiu resolver o problema da dependência espacial, pois o valor obtido para o Teste residual (p-valor residual) foi não significativo (0,212000).

Para a matriz de contiguidade tipo *rook*, os coeficientes das variáveis constante e independente (lnVBP₁₉₉₄/km²) apresentaram os seguintes valores: constante (-1,166021) e ln(VBP₁₉₉₄/km²) (-0,4404108). Tais valores se mostraram negativos, o que sugere a ocorrência de convergência. Os valores relativos aos p-valores das variáveis (constante e independente) foram: constante (0,00005) e ln(VBP₁₉₉₄/km²) (0,00265), sendo estatisticamente significativos a 5%. O Modelo SAR gerou um valor não significativo no Teste residual (p-valor residual), resolvendo o problema da autocorrelação espacial. Porém, o valor observado para o teste (0,238000) foi maior que o obtido com a matriz *queen* (0,212000).

No Modelo SEM, considerando a matriz *queen*, os valores dos coeficientes das variáveis constante e ln(VBP₁₉₉₄/km²) foram: -1,610105 e -0,4610661, respectivamente. Comparativamente ao Modelo SAR, o Modelo SEM também apresentou convergência, indicando que a taxa de crescimento das mesorregiões com VBP/Km² de lenha mais baixo tende a ser maior que a verificada para as mesorregiões com VBP mais alto. O p-valor para as variáveis se mostrou significativo a 5%: constante (0,00000) e lnVBP₁₉₉₄ (0,00356). O

p-valor residual o Modelo SEM não apresentou valor estatisticamente significativo para a dependência espacial e teve melhor resultado (0,313000) que o Modelo SAR da matriz *queen*. O valor do AIC (121,065) foi menor que o observado no Modelo SAR (122,774). Logo, se configurou como melhor modelo em relação ao SAR.

O Modelo SEM estimado para a matriz de contiguidade tipo *rook* indicou a ocorrência de convergência, sendo os seguintes valores dos coeficientes das variáveis: constante (-1,649592) e $\ln VBP_{1994}$ (-0,4910877). Os p-valores das variáveis constante e dependente ($\ln VBP_{1994}$) foram estatisticamente significativos a 5%, sendo eles: 0,00000 e 0,00177, nesta ordem.

O modelo solucionou o problema da dependência espacial, já que o valor obtido no teste residual (p-valor residual) não foi significativo para a presença de autocorrelação espacial. Embora o Modelo SAR (considerando a matriz *rook*) também tenha resolvido o problema da dependência espacial, notou-se que o Modelo SEM apresentou um maior p-valor residual (0,302000). Ressalta-se também que o valor do AIC (120,893) foi menor do que o verificado para o Modelo SAR (122,932). Com isso, o Modelo SEM se apresenta como melhor modelo em relação ao SAR.

4.4 CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, concluiu-se que:

- O Nordeste Brasileiro mostrou um decréscimo de 3,94% a.a. na taxa de crescimento médio do VBP/Km², considerando o período de 1994 a 2013;
- No ano de 1994, a mesorregião que obteve um maior VPB Per área de lenha foi a Metropolitana de Fortaleza (2,9228);
- Em 2013, o Sertão Pernambucano apresentou um maior VBP Per área de lenha (0,5799);
- De 1994 a 2013, as mesorregiões do Nordeste que apresentaram variações positivas na taxa de crescimento médio anual para o VBP Per área de lenha foram: Sul Maranhense, Sudoeste Piauiense, Sudeste Piauiense, Borborema, São Francisco Pernambucano e Sertão Pernambucano;
- O Modelo Clássico de Regressão Linear via Mínimos Quadrados Ordinários mostrou sinais da presença de autocorrelação espacial, sendo assim descartado;
- Dentre as matrizes analisadas, a *queen* e a *rook* mostraram maiores valores para o

Teste I de Moran, sendo consideradas como melhores matrizes;

- Para ambas as matrizes, os Modelos SAR e SEM apresentaram bons estimadores, resolvendo o problema da dependência espacial;

- Em relação ao AIC, o Modelo SEM obteve menores valores em relação ao Modelo SAR, configurando-se assim, como melhor modelo.

4.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, São Paulo: Editora Alínea, 2012.

ALMEIDA, E. S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, 2008.

ANSELIN, L. **Under the hood: issues in the specification and interpretation of spatial regression models (forthcoming: Agricultural Economics)**, 2002. Disponível em: <<https://geodacenter.asu.edu/pdf/hood.pdf>>. Acesso em 10/11/2015.

ANSELIN, L.; VARGA, A; ACS, Z. Geographical Spillovers and University Research: A Spatial Econometric Perspective. **GrowthandChange**, v. 31, 2000.

ARAGÃO, F. M.; GOMES, L. J.; NOGUEIRA, M.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do Consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-SE. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano VII, n.12, agosto de 2008.

ARBIA, G. **Spatial econometrics: statistical foundations and applications to regional convergence**. Advances in Spatial Sciences Series. Londres: Springer, 2006.

BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. Convergence across states and regions, **Brookings Papers on Economic Activity** 1, 1991.

BARROS, P.P.; GAROUPA, N. Portugal-Europea union convergence: some evidence. **European Journal of Political Economy**, v.12, n.1, 1995.

BAUMONT, C. **Spatial effects in housing price models: do house prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?** Mimeo. Université de Bourgogne, 2004. Disponível em: <http://leg.u-bourgogne.fr/images/stories/pdf/doc_trav2004/e2004-04.pdf>. Acesso em: 08/11/2015.

BOZDONGAN. H. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**. v.52, n.3, 345-370, Sep. 1987.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015 – Ano Base 2014: Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2015.

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demanda de ações. **Biomassa & Energia**, Viçosa. v. 1, n. 2, p. 157-163, 2004.

BRITO, J.O.; DEGLISE, X. States and potencial of using wood for energy in Brazil. **Revue Forestière Française**, Paris, n.6, p.175-79, 1991.

CAPUCHO, T. O. **Produção leiteira no Paraná: um estudo considerando os efeitos espaciais**. 2010, 130f. Dissertação (Mestrado em Economia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

CLIFF, A.; ORD, J. K. **Spatial autocorrelation**. Londres: Pion, 1973.

ESPERIDIÃO, F.; MEIRELLES, J.G.P.; BITTENCOURT, M.V.L. Convergência e Capital Humano nos Municípios da Região Sul. In: VIII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – VIII ENABER, 2009, Juiz de Fora. **Anais...** Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2009.

FERREIRA, A. H. B. O debate sobre a convergência de rendas per capita. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, dez. 1995.

FREITAS, M. V. **Análise de convergência de renda local entre países**. 2010, 134f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books, 2000.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy balances of non-oecd countries 2003 – 2004**. Paris: OECD, 2006a. 365 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy balances of oecd countries 2003 – 2004**. Paris: OECD, 2006b. 257 p.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, v.74, n.6, p.1659-1673, 1993.

MEDEIRO, P. M. **Uso de Produtos madeireiros para fins domésticos em uma área de Floresta Atlântica no Nordeste Brasileiro**. 2010, 118f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

MORAIS, I. R. D. **Seridó norte-rio-grandense: uma geografia da resistência**. Caicó: Ed. Autor, 2004.

QUAH, D. Empirics for economic growth and convergence. **European Economic Review**. Vol. 40, p. 1353-75, 1996.

RÊGO, C. V.; PENA, M. G. **Análises dos Modelos de Regressão Espacial SAR, SEM e SAC**. 2012, 76f. Monografia (Bacharelado em Estatística) – Universidade de Brasília,

Brasília, 2012.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão Energética. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Org). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília-DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 65-75.

SALA-I-MARTIN, X. The Classical Approach to Convergence Analysis. **Economic Journal**, Royal Economic Society, vol. 106(437), p. 1019-36, 1996.

SCHUMACHER, G. **Produção de leite no Rio Grande do Sul: A distribuição espacial e a relação de dependência entre os municípios**. 2013, 103f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de Florestas Energéticas de Eucalyptus no Polo Gesseiro do Araripe – Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 5 e 6, p.301-319, 2008-2009.

SILVEIRA, M. S. **Arranjo Produtivo Local: o estudo de caso da cerâmica vermelha de Russas**. 2007, 48f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOLOW, R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

SOLOW, R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function. **The Review of Economic and Statistics**, v.39, n.3, 1957.

SPOHR, G.; FREITAS, C. A. Teste da Convergência do PIB per capita da agropecuária no Brasil entre 1980 e 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 2, abr-jun.,2011.

UHLIG, A. **Lenha e Carvão Vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para estimação do consumo**. 2008, 124f. Tese (Doutorado em Energia)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

5 ARTIGO 4 - QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PARA A LENHA CONSUMIDA EM PEQUENA ESCALA NO NORDESTE BRASILEIRO

RESUMO

A lenha é bastante utilizada em regiões em desenvolvimento, principalmente para fins de energia primária. Porém, o uso da lenha como fonte energética muitas vezes é associada ao desmatamento. A lenha no Nordeste brasileiro é caracterizada como um produto relevante para esta região. Logo, este artigo objetivou quantificar as emissões de CO₂-eq associadas à queima de 1 m³ de lenha para os segmentos do extrativismo e silvicultura, além de extrapolar para os estados nordestinos. Para uma melhor análise, foram também mensuradas as emissões de CO₂-eq per área (km²). A metodologia da Análise de Ciclo de Vida foi aplicada, utilizando-se os métodos de avaliação de impacto *ReCiPe (midpoint)* e *IPCC (2013)*. Os resultados obtidos se mostraram próximos. O extrativismo apresentou-se como mais poluente comparativamente a silvicultura. O processo da queima de 1 m³ de lenha no extrativismo emitiu 16,1 kg CO₂-eq e 16 kg CO₂-eq com o *ReCiPe (midpoint)* e o *IPCC (2013)*, respectivamente. Na silvicultura, o processo foi responsável por 10,1 kg CO₂-eq e 10 kg CO₂-eq para o *ReCiPe (midpoint)* e *IPCC (2013)*, nesta seqüência. Na silvicultura, em 1994, o maior emissor per área em kg CO₂-eq foi o Rio Grande do Norte. Em 2013, o maior emissor per área foi o estado da Bahia. No Extrativismo, em 1994, o maior emissor per área em kg CO₂-eq foi o Rio Grande do Norte. Em 2013, o maior emissor per área foi o Ceará.

Palavras-chave: biomassa florestal, análise de ciclo de vida, emissões CO₂.

QUANTIFICATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SMALL-SCALE CONSUMPTION OF FIREWOOD, IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT

Firewood is widely used in developing regions, especially for primary energy purposes. However, the use of wood as an energy source is often associated with deforestation. Firewood is characterized as a relevant product for the Northeast Brazil region. This article aimed at quantifying the CO₂-eq emissions associated with the burning of 1 m³ of wood from the extractivism and forestry sectors, and extrapolate to the northeastern Brazilian states. CO₂ emissions-eq per area (km²) were also calculated to improve comparison and discussion of results. The Life Cycle Assessment methodology was applied, using the ReCiPe impact assessment (midpoint) and IPCC 2013 GWP 100a methods. The extractivism sector resulted more polluting than the forestry sector. The combustion of 1 m³ of firewood in the extractivism sector emitted 16.1 kg CO₂-eq and 16.0 kg CO₂-eq with the ReCiPe (midpoint) and IPCC 2013 GWP 100a methods, respectively. For the forestry sector, the emissions were 10.1 kg CO₂-eq and 10.0 kg CO₂-eq for the ReCiPe (midpoint) and IPCC 2013 GWP 100a methods, in this sequence. For the forestry sector, in 1994, the largest emitter of kg CO₂-eq per area was the Rio Grande do Norte state. In 2013, the largest emitter per area was the state of Bahia. For the extractivism sector, in 1994, the largest emitter of kg CO₂-eq per area was Rio Grande do Norte, and in 2013, was Ceará.

Keywords: forest biomass, life cycle analysis, CO₂ emissions.

5.1 INTRODUÇÃO

As florestas sempre estiveram presentes no desenvolvimento da humanidade, fornecendo bens e serviços principalmente para fins energéticos. No entanto, com a evolução da sociedade e dos processos industriais, as florestas foram sendo suprimidas. No século XX, a energia obtida por meio dos combustíveis fósseis aumentou o rendimento da produção e a taxa de crescimento econômico do planeta. O desenvolvimento tecnológico tornou a produção mais eficiente e aumentou o consumo de energia (MOREIRA, 2011).

A evolução do consumo mundial de energia com base nos combustíveis fósseis torna a matriz energética insegura e cara, além de gerar impactos ambientais, por exemplo, como o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera. Isto faz com que os países busquem alternativas de aproveitamento de fontes energéticas, inclusive da madeira (MUNIZ, 2002; BRITO, 2007; MOREIRA, 2011).

Atualmente, o uso da lenha apresenta relação com o nível de desenvolvimento do país, a disponibilidade de florestas, questões ambientais e a competição econômica com outros tipos de fontes de energia. Em regiões tropicais, principalmente, nos países em desenvolvimento, a utilização da madeira para fins energéticos é um importante suprimento de energia primária seja uso doméstico e, ou, industrial (BRITO, 2007).

No Brasil, a lenha é uma importante fonte energética e possui uma das maiores participações de fontes renováveis no mundo. Para a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2014), 41% da Matriz Energética Brasileira é oriunda de fontes renováveis, sendo 8,3% proveniente de lenha e carvão vegetal. Um dos problemas relacionados ao uso dos recursos florestais é a expansão da fronteira agrícola e aglomeração das cidades. À exploração indiscriminada e exacerbada destes recursos, as queimadas provocam um crescimento da concentração de gases poluentes, fazendo com que ocorra uma menor assimilação do carbono; tendo em vista a redução da massa fotossinteticamente viva. Outro impacto do desmatamento é o efeito na mudança dos regimes hidrológicos causados pelos processos erosivos e, em regiões semiáridas, a desertificação. Além dos impactos associados ao desmatamento, observam-se as ameaças que as mudanças climáticas representam para o planeta diante de um possível aumento de temperatura global em 2°C. Logo, os esforços de mitigação dos efeitos dos gases de efeito estufa não devem ser economizados (FEARNSIDE, 2005; CAMPELLO, 2011).

No Nordeste brasileiro, desde o processo de ocupação do solo, a lenha foi a principal fonte energética. O uso tradicional da lenha cresceu, juntamente, com a população regional até meado do século XX. Com os Planos Nacionais de Desenvolvimentos (PND's) e as crises do petróleo, por meio das políticas públicas em energia incentivaram a redução/substituição do uso de hidrocarbonetos. As indústrias reduziram e, ou abandonaram a utilização de óleo e diesel, substituindo-os por outras fontes mais limpas, por exemplo, a lenha e carvão vegetal. Tais políticas de substituição de energia aliadas ao crescimento urbano, aumentou a demanda por materiais da construção civil (tijolos, telhas, cal, cimento) provocando um aumento no consumo de lenha e carvão vegetal (COELHO JUNIOR, 2010).

No início dos anos 1990, 35% da energia primária consumida no Nordeste foi oriunda destas fontes. Atualmente, o consumo de lenha e carvão continua mais ou menos constante, a exemplo da Paraíba, e sua participação na matriz energética ainda é significativa. Logo, é possível verificar a importância do uso da lenha, principalmente, na região Nordeste brasileiro. Dentre outros fatores, é recurso energético social devido a sua disponibilidade (CAMPELLO *et al.*, 1999; PARAÍBA, 2004).

Diante das preocupações ambientais, a Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia para mensuração dos impactos ambientais, desde a extração da matéria-prima até sua destinação final, passando pelas etapas de produção, distribuição e consumo. Pode ser utilizada para desenvolvimento e melhoria do produto, definição de planejamentos estratégicos e políticas públicas, bem como gestão de impactos ambientais de produtos e serviços (PIRES *et al.*, 2002).

Contudo, ainda não existem trabalhos que utilizem a ACV para mensurar impactos associados ao uso da lenha no nordeste brasileiro. Sendo assim, este artigo quantificou as emissões de gases de efeito estufa associadas à queima de lenha no Nordeste brasileiro, em pequena escala, para os segmentos do extrativismo vegetal e da silvicultura.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados incluem a quantidade (m^3) de lenha produzida nos Estados Nordestinos, para os anos de 1994 e 2013, a partir do Sistema de Recuperação Automática

(SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os segmentos abordados foram o extrativismo vegetal e a silvicultura.

Considerou-se o poder calorífico médio das seguintes espécies do extrativismo: Jurema Preta com 17.201 MJ/m^3 , *Aspidosperma pyrifolium* (Pereiro) com 11.565 MJ/m^3 , *Leucena leucocephala* (Leucena) com 10.111 MJ/m^3 e *Caesalpinia pyramidalis* (Catingueira) com 16.154 MJ/m^3 , resultando em uma média de 13.756 MJ/m^3 . Na silvicultura, foram consideradas as espécies do *Eucalyptus grandis* (6.121 MJ/m^3) e *Eucalyptus camaldulensis* (11.485 kcal/m^3), tendo um poder calorífico médio de 8.803 MJ/m^3 (MIRANDA, 1989; VALE *et al.*, 2000). O resíduo do processo (o teor de cinzas) foi obtido da média das principais espécies do semiárido brasileiro.

Para o extrativismo, as espécies florestais com seus respectivos teores de cinzas foram: Leucena (0,86%), Pereiro (0,61%), Catingueira (2,11%) e a Jurema preta (0,62%), resultando em uma média de 1,05% (MIRANDA, 1989; PAES *et al.*, 2013). Na silvicultura, as espécies de eucalipto foram: *Eucalyptus grandis* (0,31%) e *Eucalyptus camaldulensis* (0,30%), com teor de cinzas médio de 0,305% (BRITO e BARRICHELO, 1978).

5.2.2 Análise de Ciclo de Vida

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) vem crescendo sua importância na mensuração dos impactos ambientais no Brasil; na União Europeia já é considerada metodologia estado-da-arte. A ACV é oriunda da consciência de que as melhorias em um determinado processo podem induzir efeitos secundários ao longo do ciclo de vida, que afetam de forma positiva e/ou negativa o desempenho ambiental dos bens e serviços (PIRES *et al.*, 2002).

A ACV pode fornecer uma visão mais completa das interações entre uma atividade específica e o meio ambiente, além de melhorar a compreensão da natureza interdependente e geral das consequências ambientais das atividades humanas, e ainda fornece aos tomadores de decisão e/ou formadores de opinião, parâmetros para definir os impactos ambientais dessas atividades e identificar oportunidades de melhorias ambientais (Haes, 2002).

A ACV está estruturada e normatizada pela Organização Internacional para Normalização (ISO), que no Brasil corresponde às normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044

(2006). A ISO 14040 (2006) demonstra que a ACV é uma técnica que colabora na análise e interpretação de impactos ambientais por meio do levantamento e compilação de entradas (insumos), etapas de produção, consumo e saídas de um sistema de produto durante todo o seu ciclo de vida. A ACV é constituída por quatro fases principais que se inter-relacionam (KLÖPFFER, 2012; ISO 14040, 2006):

i) Definição do objetivo e do escopo da análise, que consiste nos fatores motivadores e pretendidos do estudo, além do público-alvo a ser atendido e a escolha do produto a ser estudado, além de pressupostos, limitações, unidades do sistema, fronteiras, etc.

ii) Inventário do processo, que consiste no conjunto de informações formadas por dados de entradas e saídas do processo em estudo;

iii) Avaliação dos impactos ambientais, que busca entender e associar cada elemento do processo estudado com os indicadores e modelos de caracterização, *i.e.*, classificação dos resultados e sua respectiva definição;

iv) Interpretação, que é constituída pela conclusão da análise do inventário, exposição das limitações enfrentadas e possíveis recomendações - esta etapa proporcionará insumos para a tomada de decisões que irão resultar no desenvolvimento de aplicações diretas, tais como: aprimoramento de produtos, estratégias empresariais, desenvolvimento de políticas públicas, marketing. A Figura 5.1 mostra o esquema da ACV.

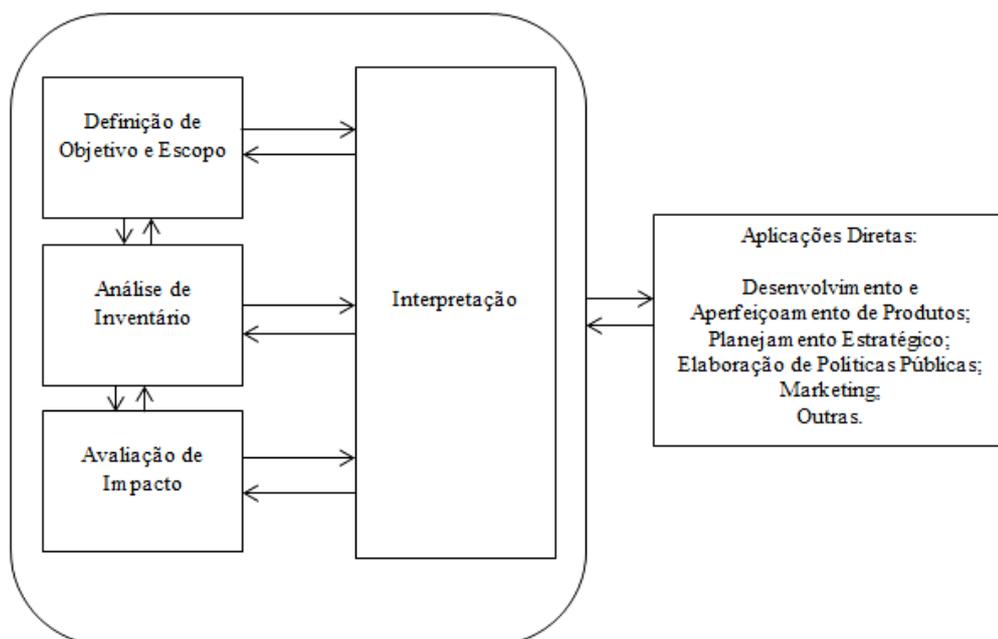


Figura 5.1. Esquema da ACV (ISO 14040, 2006).

O software utilizado para desenvolvimento da ACV foi o SimaPro® (PréConsultants, 2015), com a base de dados EcoInvent (2015). O SimaPro® é um software desenvolvido especialmente para ACV, seguindo as recomendações das normas ISO 14040 (2006) e 14044 (2006), e foi escolhido porque reúne milhares de processos e métodos para avaliação de impacto ambiental. A base de dados EcoInvent foi a que melhor representou os processos brasileiros na categoria "madeira".

A unidade funcional deste estudo foi a combustão de 1 m³ de lenha, para produção de calor em pequena escala. Na base de dados EcoInvent (2015), encontrou-se um processo com poder calorífico inferior (PCI) de 9.427 MJ/m³ (14.650 MJ/m³ para o extrativismo) e uma densidade aparente das toras (umidade = 20%) de 607 kg/m³. Estes processos foram considerados representativos para a realidade Nordestina. Os fatores de emissões para a atmosfera foram ajustados por meio de medições, com base na experiência de funcionamento dos aquecedores instalados (EcoInvent, 2015). O processo de combustão da lenha¹ incluiu o uso do trator, a operação florestal, a remoção e uso da terra, o transporte e o diesel queimado nas máquinas de corte (EcoInvent, 2015). As cinzas provenientes do processo de queima foram tratadas como resíduos para uso no solo, "fechando" a ACV.

5.2.2.1 Métodos para avaliação de impacto ambiental

Para análise dos impactos ambientais utilizou-se os métodos *ReCiPe* e *IPCC 2013 GWP 100a (IPCC 2013)*, descritos a seguir:

O método *ReCiPe* é uma abordagem relativamente recente em termos de avaliação de impacto do ciclo de vida. Apresenta como objetivo principal a transformação de resultados do inventário de ciclo de vida em uma quantidade limitada de pontos para os indicadores. Estes indicadores possuem dois níveis: *midpoint* (ponto médio) com dezoito indicadores, e *endpoint* (ponto final) com três indicadores (GOEDKOOPE *et al.*, 2013).

As categorias de impactos ambientais do *midpoint* são (GOEDKOOPE *et al.*, 2013): mudanças climáticas; destruição do ozônio; acidificação terrestre; eutrofização de água doce; eutrofização marinha; toxicidade humana; formação de oxidantes fotoquímicos; formação de material particulado; ecotoxicidade terrestre; ecotoxicidade de água doce; ecotoxicidade marinha; radiação ionizante; ocupação de terras agrícolas; ocupação de solo

¹ O processo selecionado foi Combustão de madeira em pequena escala em aquecedor de 6 kw.

urbano; transformação natural da terra; esgotamento da água; esgotamento de recursos minerais e esgotamento de combustíveis fósseis.

O IPCC 2013 GWP 100a foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2015). Em relação ao potencial de aquecimento global por emissões atmosféricas, o método: i) não inclui a radiação proveniente das emissões de NO_x , sulfato, entre outros, para a estratosfera inferior e troposfera superior; ii) não considera os efeitos indiretos das emissões de CO; e iii) não inclui normalização nem ponderação, que não fazem parte deste método (já que é *midpoint*).

Dada a atual preocupação com as mudanças climáticas, ambos métodos quantificaram o impacto ambiental em kg CO_2 -equivalente (kg CO_2 -eq), diferindo somente nos fatores de conversão utilizados. O potencial de aquecimento global da substância i expresso em CO_2 -eq (GWP = *Potential Global Warming*), estabelecido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2013), à uma substância pela Equação:

$$GWP_i = \frac{\int_0^T a_i c_i(t) dt}{\int_0^T a_{CO_2} c_{CO_2}(t) dt} \quad (5.1)$$

em que,

T = representa o horizonte de tempo (20, 100, 500 anos),

a_i é efeito de uma unidade de massa de substância (i),

$c_i(t)$ é a concentração da substância (i) no tempo (t),

a_{O_2} e c_{CO_2} são parâmetros correspondentes para a substância de referência (CO_2).

O IPCC (2013) recomenda a utilização de um horizonte temporal de 100 anos, suficiente para verificar os efeitos cumulativos. O aquecimento global resultante (em kg CO_2 -eq) é dado pela expressão:

$$\text{Aquecimento global} = GWP_i \cdot m_i \quad (5.2)$$

em que m_i = a massa (kg) da substância emitida.

O CO₂ biogênico para a lenha não foi considerado nas avaliações de impacto. A combustão da biomassa resulta em emissões consideradas neutras, pois este CO₂ se origina de um ciclo biológico (e não de um ciclo geológico, como no caso do CO₂ de origem fóssil) (GHG, 2014). Nos termos do atual Protocolo de Quioto, o uso de lenha (biomassa) como combustível é considerado uma importante contribuição para a redução nas emissões de GEE (GHG, 2014). O carbono emitido pelos combustíveis fósseis, por exemplo, se considera separadamente do ciclo global do carbono, de forma que é acrescentado a quantidade total de carbono em circulação ativa na atmosfera e biosfera (LUCIER; MINER, 2010). Por outro lado o CO₂ resultante da queima de lenha é absorvido como parte do ciclo de carbono biogênico, no qual as plantas absorvem CO₂ para seu crescimento (por meio da fotossíntese), e liberam CO₂ quando se decompõem ou são queimadas - então o ciclo biogênico não libera novo CO₂ para a atmosfera (e por isso se considera como neutro) (LUCIER; MINER, 2010). Um documento assinado por 114 cientistas (SENATE, 2010) argumenta que igualar as emissões de CO₂ biogênico com as emissões de combustíveis fósseis não é correto, e de fato, tal consideração poderia ser um freio para o desenvolvimento de instalações de biomassa que efetivamente reduzam emissões, ou até que sistemas existentes a biomassa se convertam para queimar combustíveis fósseis ou fechem completamente.

Analisou-se a quantidade produzida de lenha (m³) pelo Nordeste brasileiro e seus estados para os anos de 1994 e 2013, considerando os segmentos da silvicultura e extrativismo. Verificaram-se as participações de cada estado na produção de lenha e as variações ocorridas em 2013 comparativamente a 1994, implementando estes dados no software SimaPro. Os impactos ambientais foram calculados com os métodos ReCiPe (*midpoint*) e IPCC 2013 GWP 100a para a queima de 1m³ de lenha, quantificando-se as emissões de CO₂-eq pela queima de lenha para o extrativismo e silvicultura no Nordeste nos anos de 1994 e 2013.

Para uma melhor análise, as emissões de CO₂-eq pelo processo da queima de lenha foram quantificadas considerando a área (km²) do Nordeste brasileiro e seus respectivos estados. Ao utilizar este indicador, garantiu-se a não influência da dimensão territorial nos resultados. Logo, o índice per área informou a quantidade de CO₂-eq emitidos por km².

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5.1 mostra a quantidade produzida de lenha (10^3m^3), na Silvicultura e Extrativismo, no Nordeste brasileiro e seus estados, nos anos de 1994 e 2013. Na Silvicultura, em 1994, observou-se que o Estado com maior participação na produção de lenha foi a Bahia com 69,20%. Seguido do Rio Grande do Norte (11,99%), Ceará (8,82%), Maranhão (7,99%), Pernambuco (1,23%) e Sergipe (0,77%). Em 2013, as maiores participações foram: Bahia (78,24%), Piauí (9,76%), Rio Grande do Norte (6,24%), Maranhão (2,80%), Sergipe (2,75%) e Alagoas (0,21%).

De 1994 a 2013, notou-se um crescimento médio anual de 0,90% a.a. na produção de lenha da Silvicultura no Nordeste brasileiro. Em relação aos estados, foi observado um crescimento médio anual de: Bahia (+ 1,56% a.a.), Maranhão (-4,51% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,50% a.a.) e Sergipe (+7,91% a.a.). Os demais estados do nordeste por falta de informação no período estudado, não foi possível mensurar o crescimento médio anual.

Tabela 5.1. Quantidade produzida de lenha (10^3m^3), na Silvicultura e no Extrativismo, no Nordeste brasileiro e seus estados, em 1994 e 2013.

Estados	Área (10^6km^2)	Silvicultura		Extrativismo		Total	
		1994	2013	1994	2013	1994	2013
Alagoas	27,77	-	2,32	1.048,25	53,79	1.048,25	56,10
Bahia	564,73	643,22	863,04	17.964,73	5.792,94	18.607,95	6.655,98
Ceará	148,89	82,00	-	10.514,60	3.560,36	10.596,60	3.560,36
Maranhão	331,94	74,25	30,90	6.599,90	2.589,78	6.674,15	2.620,68
Paraíba	56,47	-	-	1.173,38	470,70	1.173,38	470,70
Pernambuco	98,15	11,42	-	1.515,39	2.069,71	1.526,81	2.069,71
Piauí	251,61	-	107,64	1.546,61	1.955,96	1.546,61	2.063,60
Rio Grande do Norte	52,81	111,44	68,82	4.543,78	1.222,06	4.655,22	1.290,89
Sergipe	21,92	7,15	30,40	492,01	22,93	499,16	53,33
Nordeste	1.554,29	929,47	1.103,12	45.398,65	17.738,23	46.328,12	18.841,35

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do IBGE.

No extrativismo, em 1994, verificou-se que o Estado com maior participação na produção de lenha foi a Bahia com 39,57%. Seguido do Ceará (23,16%), Maranhão (14,54%), Rio Grande do Norte (10,01%), Piauí (3,41%), Pernambuco (3,34%), Paraíba (2,58%), Alagoas (2,31%) e Sergipe (1,08%). Em 2013, observaram-se as seguintes participações: Bahia (32,66%), Ceará (20,07%), Maranhão (14,60%), Pernambuco (11,67%), Piauí (11,03%), Rio Grande do Norte (6,89%), Paraíba (2,65%), Alagoas (0,30%) e Sergipe (0,13%).

De 1994 a 2013, apresentou uma retração de 4,83% a.a. na produção de lenha do Extrativismo. Quanto aos estados, verificou-se: Sergipe (-14,90% a.a.), Alagoas (-14,47 a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Pernambuco (+1,65% a.a.) e Piauí (+1,24% a.a.). As retrações observadas na produção de lenha, de acordo com o IBGE (2013), revelaram entre outros fatores, a crescente fiscalização de órgãos oficiais e a proibição do uso de lenha e carvão provenientes de florestas nativas de alguns estados.

A Figura 5.2 apresenta a rede de impactos do processo da queima de 1m³ de lenha, por segmento florestal, para o método ReCiPe (midpoint). Observa-se que as emissões de CO₂-eq pelo processo da queima de 1m³ de lenha do extrativismo (16,1 kg CO₂-eq) foram mais altas que as da silvicultura (10,1 kg CO₂-eq). É importante ressaltar que a densidade média das principais espécies nativas utilizada nesta análise foram maiores, o que justifica o maior impacto do extrativismo. Das atividades do processo produtivo, a queima da lenha e a utilização do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal foram os maiores contribuintes às emissões de CO₂-eq.

No extrativismo, a atividade da queima de lenha contribuiu com 6,91 kg CO₂-eq e a utilização do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal foram responsáveis por 5,31 kg CO₂-eq. Para a silvicultura, observou uma contribuição de 3,81 kg CO₂-eq por parte da atividade da queima de lenha e 3,35 kg CO₂-eq oriundos da queima do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal, ou seja, representa aproximadamente 63% das emissões do extrativismo.

A Figura 5.3 mostra a rede de impactos do processo de queima de 1m³ de lenha por segmento para o método IPCC (2013). As emissões de CO₂-eq pelo extrativismo (16 kg CO₂-eq) foram mais altas que as verificadas para a silvicultura (10 kg CO₂-eq). Assim como no método ReCiPe (*midpoint*), as atividades que apresentaram uma maior

contribuição para as emissões foram a queima de lenha e a queima do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal.

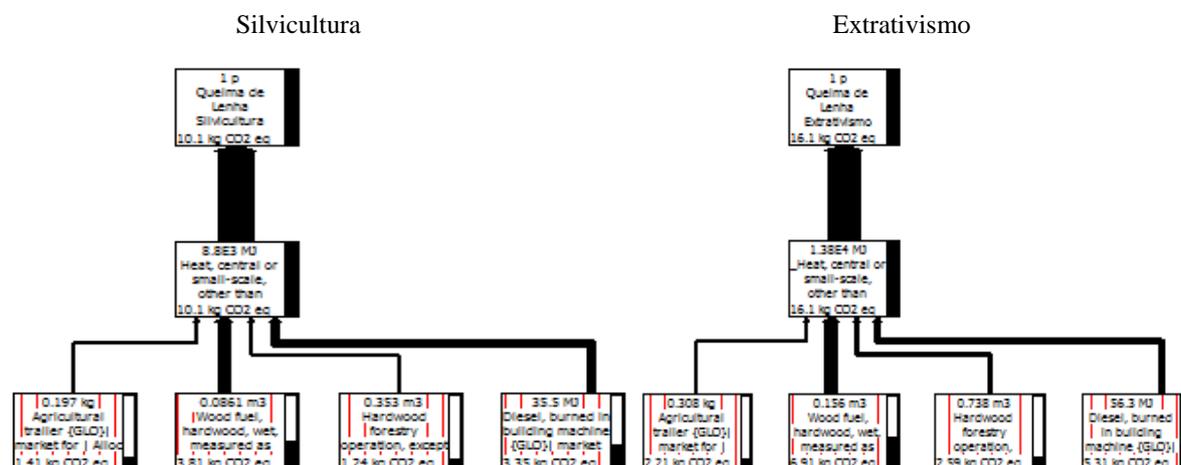


Figura 5.2. Rede de impactos do processo da queima de 1 m³ de lenha por segmento (silvicultura e extrativismo) para o critério *ReCiPe (midpoint)*.

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software SimaPro.

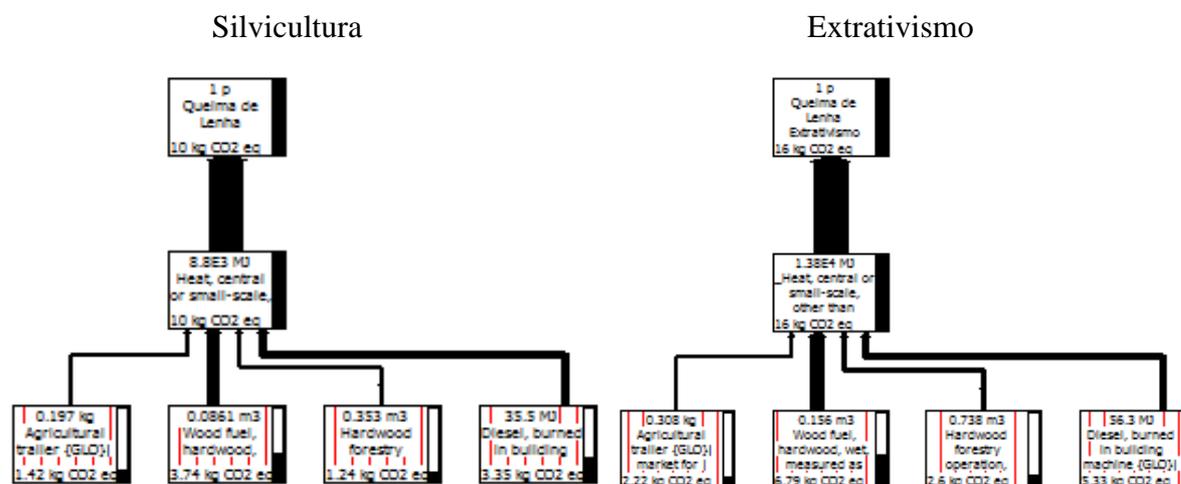


Figura 5.3. Rede de impactos do processo da queima de 1 m³ de lenha por segmento (silvicultura e extrativismo) para o critério *IPCC (2013)*.

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software SimaPro.

No extrativismo, a atividade da queima de lenha contribuiu com 6,79 kg CO₂-eq e a queima do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal com 5,33 kg CO₂-eq. Para a silvicultura, notou-se uma emissão de 3,74 kg CO₂-eq proveniente da queima de lenha e 3,35 kg CO₂-eq oriundo da queima do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal, ou seja, representa aproximadamente 63% das emissões do

extrativismo. Observa-se que ambos os critérios de quantificação dos impactos apresentaram valores semelhantes.

A Tabela 5.2 apresenta a quantidade de kg de CO₂-eq emitidos pela queima de lenha para o extrativismo e silvicultura do Nordeste e por estados, considerando as mudanças climáticas como categoria de impacto (*ReCiPe midpoint*). Em 1994, a Silvicultura do Nordeste emitiu cerca de 9.387.698 kg CO₂-eq para a atmosfera. Quanto aos estados, a Bahia mostrou o maior percentual de emissões (69,20%), seguido do Rio Grande do Norte (11,99%), Ceará (8,82%), Maranhão (7,99%), Pernambuco (1,23%) e Sergipe (0,77%).

No ano de 2013, a Silvicultura emitiu cerca de 11.141.532 kg CO₂-eq. O estado com maior percentual de emissões foi a Bahia (78,24%), seguido do Piauí (9,76%), Rio Grande do Norte (6,24%), Maranhão (2,80%), Sergipe (2,76%) e Alagoas (0,21%).

Tabela 5.2. Quantificação dos impactos associados a queima de lenha em kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura do Nordeste para os anos de 1994 e 2013, considerando as mudanças climáticas como categoria de impacto [*ReCiPe (midpoint)*].

Estados	Silvicultura				Extrativismo			
	Queima		Cinzas		Queima		Cinzas	
	1994	2013	1994	2013	1994	2013	1994	2013
Alagoas	-	23.402	-	-4	16.876.793	865.971	-12.055	-618
Bahia	6.496.522	8.716.704	-1.164	-1.562	289.232.105	93.266.414	-206.594	-66.619
Ceará	828.200	-	-148	-	169.285.060	57.321.764	-120.918	-40.944
Maranhão	749.925	312.080	-134	-56	106.258.326	41.695.426	-75.899	-29.782
Paraíba	-	-	-	-	18.891.466	7.578.222	-13.494	-5.413
Pernambuco	115.322	-	-21	-	24.397.827	33.322.331	-17.427	-23.802
Piauí	-	1.087.194	-	-195	24.900.485	31.490.972	-17.786	-22.494
Rio Grande do Norte	1.125.514	695.122	-202	-125	73.154.906	19.675.198	-52.254	-14.054
Sergipe	72.215	307.030	-13	-55	7.921.280	369.173	-5.658	-264
Nordeste	9.387.698	11.141.532	-1.682	-1.997	730.918.248	285.585.471	-522.085	-203.990

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software SimaPro.

De 1994 a 2013, houve um aumento de 0,90% a.a. no quantitativo de emissões pela silvicultura do Nordeste. Em relação aos estados, verificou um crescimento médio anual de: Bahia (+1,56% a.a.), Maranhão (-4,51% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,50% a.a.) e Sergipe (+7,91% a.a.). As cinzas, resíduos do processo de queima, apresentaram impactos positivos, tendo em vista que foram lançados ao solo. Notou-se um crescimento médio

anual de 0,91% a.a. dos impactos das cinzas liberadas pelo processo de queima da silvicultura.

O Extrativismo do Nordeste, em 1994, emitiu 730,92 milhões de kg CO₂-eq para a atmosfera. A menor quantidade de emissões observada para a Silvicultura, em relação ao Extrativismo, pode ser explicada pela baixa densidade das espécies da silvicultura em relação às espécies nativas. Dentre os estados, o maior percentual de emissões foi a Bahia (39,57%), seguido do Ceará (23,16%), Maranhão (14,54%), Rio Grande do Norte (10,01%), Piauí (3,41%), Pernambuco (3,34%), Paraíba (2,58%), Alagoas (2,31%) e Sergipe (1,08%).

Em 2013, o extrativismo do Nordeste emitiu 285.585.471 kg CO₂-eq. A Bahia foi o estado com maior percentual de emissões (32,66%), seguido do Ceará (20,07%), Maranhão (14,60%), Pernambuco (11,67%), Piauí (11,03%), Rio Grande do Norte (6,89%), Paraíba (2,65%), Alagoas (0,30%) e Sergipe (0,13%).

De 1994 a 2013 houve uma redução do crescimento médio anual de 4,82% a.a. de kg CO₂-eq emitidos pelo Extrativismo do Nordeste. Tal redução foi resultado, principalmente, da queda de produção de lenha devido à fiscalização de órgãos oficiais (IBGE, 2013). Referente aos estados observou um crescimento médio anual, em ordem decrescente de: Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,47% a.a.) e Sergipe (-14,90% a.a.). Os impactos das cinzas do Extrativismo apresentaram um crescimento médio anual de -4,82% a.a.. Quanto aos impactos das cinzas nos estados, observou-se um crescimento médio anual de: Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,47% a.a.) e Sergipe (-14,90% a.a.).

A Tabela 5.3 mostra a quantificação dos impactos per área da queima de lenha em kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura do Nordeste e por estados, considerando as mudanças climáticas como categoria de impacto (*ReCiP midpoint*). A Silvicultura do Nordeste, em 1994, emitiu cerca de 0,0060 kg CO₂-eq per área. Embora a Bahia se configurar como o estado com maior impacto (Tabela 2), notou-se que ao mensurar as emissões de CO₂-eq per área, o Rio Grande do Norte é o maior emissor (0,0213 kg CO₂-eq). Seguido da Bahia (0,0115 kg CO₂-eq), Ceará (0,0056 kg CO₂-eq), Sergipe (0,0033 kg CO₂-eq), Maranhão (0,0022 kg CO₂-eq) e Pernambuco (0,0012 kg CO₂-eq).

Tabela 5.3. Quantificação dos impactos per área associados a queima de lenha em kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura do Nordeste para os anos de 1994 e 2013, considerando as mudanças climáticas como categoria de impacto [*ReCiPe (midpoint)*].

Estados	Silvicultura				Extrativismo			
	Queima		Cinzas		Queima		Cinzas	
	1994	2013	1994	2013	1994	2013	1994	2013
Alagoas	-	0,0008	-	-0,15x10 ⁻⁶	0,6076	0,0312	-4,34x10 ⁻⁴	-0,22x10 ⁻⁴
Bahia	0,0115	0,0154	-2,06x10 ⁻⁶	-2,77x10 ⁻⁶	0,5122	0,1652	-3,66x10 ⁻⁴	-1,18x10 ⁻⁴
Ceará	0,0056	-	-1,00x10 ⁻⁶	-	1,1370	0,3850	-8,12x10 ⁻⁴	-2,75x10 ⁻⁴
Maranhão	0,0022	0,0009	-0,40x10 ⁻⁶	-0,178x10 ⁻⁶	0,3201	0,1256	-2,29x10 ⁻⁴	-0,90x10 ⁻⁴
Paraíba	-	-	-	-	0,3345	0,1342	-2,39x10 ⁻⁴	-0,96x10 ⁻⁴
Pernambuco	0,0012	-	-0,21x10 ⁻⁶	-	0,2486	0,3395	-1,78x10 ⁻⁴	-2,43x10 ⁻⁴
Piauí	-	0,0043	-	-0,77x10 ⁻⁶	0,0990	0,1252	-0,71x10 ⁻⁴	-0,89x10 ⁻⁴
Rio Grande do Norte	0,0213	0,0132	-3,82x10 ⁻⁶	-2,36x10 ⁻⁶	1,3852	0,3726	-9,89x10 ⁻⁴	-2,66x10 ⁻⁴
Sergipe	0,0033	0,0140	-0,59x10 ⁻⁶	-2,51x10 ⁻⁶	0,3614	0,0168	-2,58x10 ⁻⁴	-0,12x10 ⁻⁴
Nordeste	0,0060	0,0072	-1,08x10⁻⁶	-1,28x10⁻⁶	0,4702	0,1837	-3,36x10⁻⁴	-1,31x10⁻⁴

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software SimaPro.

Em 2013, a Silvicultura do Nordeste emitiu 0,0072 kg CO₂-eq per área para a atmosfera. Diferentemente de 1994, a Bahia foi o maior emissor per área de CO₂-eq (0,0154 kg). Seguido de Sergipe (0,0140 kg CO₂-eq), Rio Grande do Norte (0,0132 kg CO₂-eq), Piauí (0,0043 kg CO₂-eq), Maranhão (0,0009 kg CO₂-eq) e Alagoas (0,0008 kg CO₂-eq).

De 1994 a 2013, houve um aumento de 0,90% a.a. na quantidade de CO₂-eq per área emitidos pela Silvicultura. Quanto aos estados, observou: Sergipe (+7,91% a.a.), Bahia (+1,54% a.a.), Maranhão (-4,51% a.a.) e Rio Grande do Norte (-2,50% a.a.). Os impactos das cinzas apresentaram um crescimento médio anual de 0,90% a.a. Referente aos impactos das cinzas nos estados, verificou um crescimento médio anual de: Sergipe (+7,92% a.a.), Bahia (+1,57% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,50% a.a.) e Maranhão (-4,17% a.a.).

Em 1994, o Extrativismo do Nordeste emitiu cerca de 0,4702 kg CO₂-eq per área para a atmosfera. Dentre os estados, o Rio Grande do Norte se configurou como maior responsável pelo quantitativo de emissões per área (1,3852 kg CO₂-eq), seguido do Ceará (1,1370 kg CO₂-eq) e Alagoas (0,6076 kg CO₂-eq).

No ano de 2013, foi emitido cerca de 0,1837 kg CO₂-eq per área. Os estados com maiores emissões per área, em ordem decrescente, foram: Ceará (0,3850 kg CO₂-eq), Rio

Grande do Norte (0,3726 kg CO₂-eq), Pernambuco (0,3395 kg CO₂-eq), Bahia (0,1652 kg CO₂-eq), Paraíba (0,1342 kg CO₂-eq), Maranhão (0,1256 kg CO₂-eq), Piauí (0,1252 kg CO₂-eq), Alagoas (0,0312 kg CO₂-eq) e Sergipe (0,0168 kg CO₂-eq).

De 1994 a 2013, apresentou uma redução do crescimento médio anual de 4,82% a.a. no quantitativo de emissões pelo extrativismo do Nordeste. A demanda industrial, o preço, a disponibilidade de mão de obra e órgãos de controle ambiental, bem como as condições climáticas podem ter influenciado a produção. Com a redução na produção, conseqüentemente, houve um decréscimo no quantitativo de emissões (IBGE, 2013).

No que tange aos estados, verificou um crescimento médio anual de: Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,47% a.a.) e Sergipe (-14,90% a.a.).

No Extrativismo, os impactos das cinzas apresentaram uma redução do crescimento médio anual de 4,84% a.a.. Quanto aos estados, notou-se que um crescimento médio anual dos impactos das cinzas de: Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,20% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,52% a.a.) e Sergipe (-14,91% a.a.). Conforme apresentado na Tabela 2, os impactos das cinzas também foram positivos, porém não significativos.

Na Tabela 5.4, observa-se a quantificação dos impactos da queima de lenha em kg CO₂-eq para o Extrativismo e Silvicultura do Nordeste para os anos de 1994 e 2013, considerando o método IPCC (2013). A Silvicultura e o Extrativismo, em relação ao critério ReCipe (midpoint), emitiram um menor quantitativo de kg CO₂-eq. Assim como na Tabela 5.2, verificou-se um maior impacto por parte do Extrativismo. Esta maior quantidade de emissões pode ser explicada pela maior densidade das espécies nativas em relação às da Silvicultura.

A Silvicultura, em 1994, emitiu cerca de 9.294.750 kg CO₂-eq. O maior percentual de emissões foi da Bahia (69,20%). Seguido do Rio Grande do Norte (11,99%), Ceará (8,82%), Maranhão (7,99%), Pernambuco (1,23%) e Sergipe (0,77%). Em 2013, a Silvicultura emitiu cerca de 11.031.220 kg CO₂-eq. Os estados com maiores emissões, em ordem decrescente, foram: Bahia (78,24%), Piauí (9,76%), Rio Grande do Norte (6,24%), Maranhão (2,80%), Sergipe (2,76%) e Alagoas (0,21%).

Tabela 5.4. Quantificação dos impactos da queima de lenha em kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura do Nordeste para os anos de 1994 e 2013 (método IPCC 2013).

Estados	Silvicultura				Extrativismo			
	Queima		Cinzas		Queima		Cinzas	
	1994	2013	1994	2013	1994	2013	1994	2013
Alagoas	-	23.170	-	-4	16.771.968	860.592	-12.160	-624
Bahia	6.432.200	8.630.400	-1.170	-1.571	287.435.632	92.687.120	-208.391	-67.198
Ceará	820.000	-	-149	-	168.233.600	56.965.728	-121.969	-41.300
Maranhão	742.500	308.990	-135	-56	105.598.336	41.436.448	-76.559	-30.041
Paraíba	-	-	-	-	18.774.128	7.531.152	-13.611	-5.460
Pernambuco	114.180	-	-21	-	24.246.288	33.115.360	-17.578	-24.009
Piauí	-	1.076.430	-	-196	24.745.824	31.295.376	-17.941	-22.689
Rio Grande do Norte	1.114.370	688.240	-203	-125	72.700.528	19.552.992	-52.708	-14.176
Sergipe	71.500	303.990	-13	-55	7.872.080	366.880	-5.707	-266
Nordeste	9.294.750	11.031.220	-1.691	-2.007	726.378.384	283.811.648	-526.624	-205.763

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software SimaPro.

De 1994 a 2013, observou-se um crescimento médio anual de 0,90% a.a. nas emissões de CO₂-eq. Referente aos estados verificou que o crescimento médio anual foi de: Sergipe (+7,91% a.a.), Bahia (+1,56% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,50% a.a.) e Maranhão (-4,51% a.a.). As cinzas, resíduos do processo, foram lançadas ao solo, apresentando assim, impactos positivos. Tais impactos apresentaram um crescimento médio anual de 0,90% a.a.. Quanto aos estados, verificou-se um crescimento médio anual por parte dos impactos das cinzas de: Sergipe (+7,89% a.a.), Bahia (+1,56% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,52% a.a.) e Maranhão (-4,52% a.a.). Em 1994, o Extrativismo emitiu 726.378.384 kg CO₂-eq para a atmosfera. Assim como observado na Silvicultura, o estado com maior participação nas emissões foi a Bahia (39,57%). Seguido do Ceará (23,16%), Maranhão (14,54%), Rio Grande do Norte (10,01%), Piauí (3,41%), Pernambuco (3,34%), Paraíba (2,58%), Alagoas (2,31%) e Sergipe (1,08%).

No ano de 2013, foi emitido 283.811.648 kg CO₂-eq pelo Extrativismo do Nordeste. Os estados com maiores emissões, em ordem decrescente, foram: Bahia (32,66%), Ceará (20,07%), Maranhão (14,60%), Pernambuco (11,67%), Piauí (11,03%), Rio Grande do Norte (6,89%), Paraíba (2,65%), Alagoas (0,30%) e Sergipe (0,13%).

De 1994 a 2013, houve uma queda do crescimento médio anual de 4,82% a.a. no quantitativo de emissões. Quanto aos estados, notou um crescimento médio anual de:

Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,47% a.a.) e Sergipe (-14,90% a.a.).

No Extrativismo, os impactos das cinzas, de 1994 a 2013, apresentou uma redução de 4,82% a.a. no crescimento médio anual. No que tange aos estados, observou um crescimento médio anual de: Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,47% a.a.) e Sergipe (-14,90% a.a.).

A Tabela 5.5 mostra a quantificação dos impactos per área da queima de lenha em kg CO₂-eq para o Extrativismo e Silvicultura do Nordeste para os anos de 1994 e 2013, considerando o critério IPCC (2013). O processo de queima, utilizando o critério IPCC (2013), apresentou impactos semelhantes ao critério ReCiPe (midpoint). A Silvicultura do Nordeste emitiu 0,0060 kg CO₂-eq per área no ano de 1994. Embora a Bahia seja o estado mais emissor, ao mensurar os impactos per área, notou-se que o Rio Grande do Norte se configura como o maior emissor (0,0211 kg CO₂-eq per área). Seguido da Bahia (0,0114 kg CO₂-eq), Ceará (0,0055 kg CO₂-eq), Sergipe (0,0033 kg CO₂-eq), Maranhão (0,0022 kg CO₂-eq) e Pernambuco (0,0012 kg CO₂-eq).

Tabela 5.5. Quantificação dos impactos per área da queima de lenha em kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura do Nordeste para os anos de 1994 e 2013 (método IPCC 2013).

Estados	Silvicultura				Extrativismo			
	Queima		Cinzas		Queima		Cinzas	
	1994	2013	1994	2013	1994	2013	1994	2013
Alagoas	-	0,0008	-	-0,152x10 ⁻⁶	0,6038	0,0310	-4,38x10 ⁻⁴	-0,225x10 ⁻⁴
Bahia	0,0114	0,0153	-2,07x10 ⁻⁶	-2,78x10 ⁻⁶	0,5090	0,1641	-3,69x10 ⁻⁴	-1,19x10 ⁻⁴
Ceará	0,0055	-	-1,00x10 ⁻⁶	-	1,1299	0,3826	-8,19x10 ⁻⁴	-2,77x10 ⁻⁴
Maranhão	0,0022	0,0009	-0,407x10 ⁻⁶	-0,169x10 ⁻⁶	0,3181	0,1248	-2,31x10 ⁻⁴	-0,905x10 ⁻⁴
Paraíba	-	-	-	-	0,3325	0,1334	-2,41x10 ⁻⁴	-0,967x10 ⁻⁴
Pernambuco	0,0012	-	-0,212x10 ⁻⁶	-	0,2470	0,3374	-1,79x10 ⁻⁴	-2,45x10 ⁻⁴
Piauí	-	0,0043	-	-0,779x10 ⁻⁶	0,0983	0,1244	-0,713x10 ⁻⁴	-0,902x10 ⁻⁴
Rio Grande do Norte	0,0211	0,0130	-3,84x10 ⁻⁶	-2,37x10 ⁻⁶	1,3766	0,3702	-9,98x10 ⁻⁴	-2,68x10 ⁻⁴
Sergipe	0,0033	0,0139	-0,594x10 ⁻⁶	-2,52x10 ⁻⁶	0,3592	0,0167	-2,60x10 ⁻⁴	-0,121x10 ⁻⁴
Nordeste	0,0060	0,0071	-1,09x10⁻⁶	-1,29x10⁻⁶	0,4673	0,1826	-3,39x10⁻⁴	-1,32x10⁻⁴

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados obtidos por meio do software SimaPro.

Em 2013, foi emitido cerca de 0,0071 kg CO₂-eq per área pela Silvicultura do Nordeste. Os estados com maiores emissões de CO₂-eq per área, em ordem decrescente, foram: Bahia (0,0153 kg CO₂-eq), Sergipe (0,0139 kg CO₂-eq), Rio Grande do Norte (0,0130 kg CO₂-eq), Piauí (0,0043 kg CO₂-eq), Maranhão (0,0009 kg CO₂-eq) e Alagoas (0,0008 kg CO₂-eq). De 1994 a 2013, verificou-se um crescimento médio anual de 0,89% a.a. na quantidade de kg CO₂-eq per área emitidos pela Silvicultura. Em relação aos estados, o crescimento médio anual foi de: Sergipe (+7,86% a.a.), Bahia (+1,56% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,52% a.a.) e Maranhão (-4,60% a.a.).

Os impactos das cinzas foram positivos, porém não significativos. De 1994 a 2013, tais impactos apresentaram um crescimento médio anual de 0,89% a.a.. Em relação aos estados, o crescimento médio anual foi de: Sergipe (+7,90% a.a.), Bahia (+1,56% a.a.), Rio Grande do Norte (-2,51% a.a.) e Maranhão (-4,52% a.a.).

O Extrativismo, em 1994, emitiu cerca de 0,4673 kg CO₂-eq per área para a atmosfera. Assim como na Silvicultura, o Rio Grande do Norte foi o maior emissor (1,3766 kg CO₂-eq per área). Seguido do Ceará (1,1299 kg CO₂-eq), Alagoas (0,6038 kg CO₂-eq), Bahia (0,5090 kg CO₂-eq), Sergipe (0,3592 kg CO₂-eq), Paraíba (0,3325 kg CO₂-eq), Maranhão (0,3181 kg CO₂-eq), Pernambuco (0,2470 kg CO₂-eq) e Piauí (0,0983 kg CO₂-eq).

Em 2013, o Extrativismo emitiu em torno de 0,1826 kg CO₂-eq per área. Os maiores emissores per área, em ordem decrescente, foram: Ceará (0,3826 kg CO₂-eq), Rio Grande do Norte (0,3702 kg CO₂-eq), Pernambuco (0,3374 kg CO₂-eq), Bahia (0,1641 kg CO₂-eq), Paraíba (0,1334 kg CO₂-eq), Maranhão (0,1248 kg CO₂-eq), Piauí (0,1244 kg CO₂-eq), Alagoas (0,0310 kg CO₂-eq) e Sergipe (0,0167 kg CO₂-eq).

De 1994 a 2013 verificou-se uma redução do crescimento médio anual de 4,82% a.a. no quantitativo de emissões do Extrativismo. Quanto aos estados, observou um crescimento médio anual de: Alagoas (-14,47% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Maranhão (-4,80% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Pernambuco (+1,65% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.) e Sergipe (-14,91% a.a.).

Os impactos das cinzas apresentaram uma redução do crescimento médio anual de 4,84% a.a.. Referente aos estados, notou-se um crescimento médio anual de: Pernambuco (+1,66% a.a.), Piauí (+1,24% a.a.), Paraíba (-4,69% a.a.), Maranhão (-4,81% a.a.), Ceará (-5,54% a.a.), Bahia (-5,78% a.a.), Rio Grande do Norte (-6,68% a.a.), Alagoas (-14,46% a.a.) e Sergipe (-14,91% a.a.).

5.4 CONCLUSÃO

Este trabalho desenvolveu uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) para calcular as emissões de gases de efeito estufa associadas à queima de lenha no Nordeste brasileiro, em pequena escala, para os segmentos do extrativismo vegetal e da silvicultura. Devido a preocupações com mudanças climáticas, decidiu-se expressar o impacto ambiental em kg CO₂-eq. A inovação deste trabalho, e portanto sua contribuição, foi a mensuração dos impactos ambientais associados ao uso da lenha no nordeste brasileiro. Utilizou-se a quantidade (m³) de lenha produzida nos Estados Nordestinos, para os anos de 1994 e 2013 e os segmentos abordados foram o extrativismo vegetal e a silvicultura.

A partir das análises realizadas concluiu-se que:

- Em 1994, na Silvicultura, os estados de maior produção de lenha foram a Bahia e o Rio Grande do Norte;

- No ano de 2013, os estados de maior produção de lenha na Silvicultura foram a Bahia e o Piauí;

- No Extrativismo, os estados de maior produção de lenha foram a Bahia e o Ceará em ambos os anos;

- O processo de queima de 1m³ de lenha, pelo método ReCiPe (*midpoint*), foram de 16,1 kg CO₂-eq e 10,1 kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura, respectivamente;

- O processo de queima de 1m³ de lenha, pelo método IPCC (2013), foram de 16 kg CO₂-eq e 10 kg CO₂-eq para o extrativismo e silvicultura, respectivamente;

- Das atividades do processo de queima da lenha, as que mais contribuíram para as emissões de CO₂-eq foram a queima de lenha e a utilização do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal;

- Para o método ReCiPe (*midpoint*), as emissões de CO₂ pelo extrativismo do Nordeste foram de 730.918.248kg CO₂-eq e 285.585.471kg CO₂-eq para os anos de 1994 e 2013, nesta sequência;

- Para o método ReCiPe (*midpoint*), as emissões de CO₂ pela Silvicultura foram de 9.387.698 kg CO₂-eq e 11.141.532 kg CO₂-eq para os anos de 1994 e 2013, nesta ordem;

- Para o método IPCC (2013), as emissões de CO₂ pelo extrativismo foram de 726.378.384 kg CO₂-eq e 283.811.648 kg CO₂-eq para os anos de 1994 e 2013, respectivamente;

- Para o método IPCC (2013), as emissões de CO₂ pela Silvicultura foram de

9.294.750 kg CO₂-eq e 11.031.220 kg CO₂-eq para 1994 e 2013, nesta seqüência;

- Na silvicultura, em 1994, o maior emissor per área em kg CO₂-eq foi o Rio Grande do Norte. Em 2013, o maior emissor per área foi o estado da Bahia;

- No Extrativismo, em 1994, o maior emissor per área em kg CO₂-eq foi o Rio Grande do Norte. Em 2013, o maior emissor per área foi o Ceará;

- As cinzas, resíduos do processo, apresentaram impactos positivos, porém não significativos;

Ao realizar um mapeamento da intensidade de CO₂ emitidos para a atmosfera diante da queima de lenha no extrativismo e na silvicultura do nordeste brasileiro, este artigo pode ser utilizado como base de orientação para políticas públicas no controle de emissões em níveis regionais.

Trabalhos futuros dos autores incluem a utilização de métodos mais amplos de avaliação de impacto ambiental, que não verifiquem somente os efeitos das emissões atmosféricas, englobando também danos ao ecossistema e saúde humana, por exemplo. Análises de sensibilidade verificarão as mudanças nas emissões totais quando o combustível das máquinas de corte for substituído.

5.5 REFERÊNCIAS

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, Jan/Abr., 2007.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do Eucalipto como combustível: Análise química imediata da madeira e da casca. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF**, São Paulo, n. 16, p. 63-70, 1978.

CAMPELLO, F. B.; GARIGLIO, M. A.; SILVA, J. A.; LEAL, A. M. A. **Diagnóstico Florestal da Região Nordeste**. Projeto Desenvolvimento Florestal para o Nordeste do Brasil (Projeto IBAMA/PNUD/BRA/93/033). Brasília: IBAMA, 1999. (Boletim Técnico, n. 2).

CAMPELLO, F. C. B. **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: A questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da região do Araripe**- Pe.2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise econômica de produtos florestais em condições de risco e incerteza**. 2010. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2014** – Ano base 2013. Rio de Janeiro, 2014.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia Brasileira: história, índices e consequências. **Revista Megadiversidade**, Rio de Janeiro, vol. 1, n. 1, julho. 2005.

GHG PROTOCOL DA AGRICULTURA. **Metodologia GHG protocol para agricultura**. São Paulo: Unicamp; WRI Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Metodologia.pdf>> Acesso em 22 Out 2015.

GOEDKOOP, M; REIJUNGS, R; HUIJBREGTS, M; SCHRYVER, A. D; STRUIJS, J; ZELM, R. V. **RECIPE 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level**. Ruimte en Milieu, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen Milieubeheer, 5 ed., Fevereiro. 2013.

HAES, H. U. (Ed.). Life-Cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice. [S.l.]: SETAC, 2002.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 28, p.1- 69, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/index.htm>>. Acesso em: 16 de abril. 2015.

ISO 14040. Environmental management - Life cycle assessment - **Principles and framework**. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.

ISO 14044. Environmental management - Life cycle assessment - **Requirements and guidelines**. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.

KLÖPPFER, W. The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: origin, purpose and practical performance. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, p. 1-7. 2012.

LUCIER, A.; Miner R. **Biomass Carbon Neutrality in the Context of Forest-based**. 2010.

MIRANDA, G. **Potencial Energético de Três Espécies Florestais da Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil**. 1989. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr./jun. 2011.

MUNIZ, R. N. Educação e Biomassa. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4., 2002, Campinas. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100053&script=sci_arttext>. Acesso em: 18 Abril. 2015.

PAES, J. B; LIMA, C. R; OLIVEIRA, E; NETO, P. N.M. Características Físico-Química, Energética e Dimensões das fibras de Três Espécies florestais do Semi-Árido Brasileiro. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 550-555, 2013.

PARAÍBA. SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (SUDEMA). **Atualização do Diagnóstico Florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa, Paraíba, 2004. 268 p.

PINTO, A. M. C. **A utilização da madeira no aquecimento escolar na Região de Viseu**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais Lenhocelulósicos) - Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 2006.

PIRES, A.C; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, mai/ agosto., 2002.

SEDJO, R. A. 2010. **Biomass and Carbon Neutrality: A Zero Sum Game?** Washington, DC: Resources for the Future.

SEDJO, R. A. **Comparative Life Cycle Assessments: Carbon Neutrality and Wood Biomass Energy**, Washington, DC: Resources for the Future. 2013.

SENATE, 2010 / Letter to Senate. July 2010. Disponível em: <http://www.safnet.org/documents/biomass_science_letter_SENATE7-20-10.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2015

VALE, A. T; BRASIL, M. A. P; CARVALHO, C. M; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 083-088, 2000.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises realizadas nesta dissertação, conclui-se que:

No primeiro artigo, foi possível constatar que: Comparado ao Brasil, os produtos do extrativismo no Nordeste não estão distribuídos de forma idêntica ao Brasil; Com exceção dos produtos alimentícios e da madeira em tora, todos os produtos apresentaram um QL maior que 1 e; O grau de especialização do nordeste reflete uma composição diferenciada do Brasil.

Por meio do segundo artigo se observou a presença de autocorrelação positiva no VBP da lenha. Em relação aos aglomerados espaciais, ao considerar a matriz de ponderação per área, houve diferenças na composição dos *clusters* espaciais em relação à matriz com a variável extensiva (sem ser per área). Para a matriz de ponderação com a variável extensiva, verificou-se que: O *cluster* espacial do tipo alto-alto foi formado, predominantemente pela região baiana e; O *cluster* espacial do tipo baixo-baixo foi constituído por mesorregiões de Sergipe e Alagoas. Para a matriz de ponderação per área, concluiu-se que: O *cluster* espacial do tipo alto-alto foi composto por mesorregiões do Ceará e Pernambuco e; o cluster do tipo baixo-baixo foi formado pelas regiões de Sergipe, Alagoas e Piauí.

No terceiro artigo foi observado o processo de convergência absoluta para o valor bruto de produção de lenha. Verificou-se também que os Modelos SAR e SEM se apresentaram adequados, resolvendo o problema da dependência espacial. Porém, considerando o Critério de Informação de Akaike (AIC), o Modelo SEM obteve menores valores em relação ao Modelo SAR, configurando-se assim, como melhor modelo.

Referente ao quarto artigo, concluiu-se que o extrativismo se mostrou mais poluente comparativamente a silvicultura. Na silvicultura, em 1994, o maior emissor per área em kg CO₂-eq foi o Rio Grande do Norte e, em 2013, foi o estado da Bahia. No Extrativismo, em 1994, o maior emissor per área em kg CO₂-eq foi o Rio Grande do Norte e, em 2013, foi o Ceará. Foi verificado também que as atividades que apresentaram uma maior contribuição para as emissões foram: a queima de lenha e a queima do diesel nas máquinas de corte para a exploração florestal.

Em geral, esta dissertação serve de orientação às políticas públicas com vistas ao uso sustentável da lenha como fonte energética. Pois, apresentou uma análise regional da lenha, identificando esta fonte energética como relevante para a economia nordestina.

Além disso, mostrou como está distribuída a produção, como ocorre a autocorrelação espacial entre as mesorregiões, observando os aglomerados espaciais. E, por fim, mensurou a quantidade de CO₂ emitidos para a atmosfera pelo processo de queima da lenha em pequena escala.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: Esalq-USP, 2004. 127 p.
- ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, São Paulo: Editora Alínea, 2012.
- ALMEIDA, E. S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, 2008.
- ALMEIDA, M. A. S.; ALMEIDA, E. S.; SARTORIS, A. Criminalidade no Estado de São Paulo: uma análise espacial. In: IV Encontro Nacional da Associação Brasileira de estudos Regionais e Urbanos, 4, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (ABER), 2006.
- ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDaTM: a Workbook**. University of Illinois, Urbana-Champaign, 2005.
- ANSELIN, L. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In: LONGLEY, P. A. et al. (Ed.). **Geographic information system: principles, techniques, management and applications**. Nova York: John Willey, 1999, p. 251-264.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: methods and models**. Boston: Kluwer Academic, 1988.
- ANSELIN, L. Spatial Externalities, Spatial Multipliers, and Spatial Econometrics. **International Regional Science Review**, v. 26, n. 2, p. 153-166, 2003.
- ANSELIN, L. **The Moran Scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association**. California: Santa Barbara, 1996. 23 p. (Research Paper, 9330).
- ANSELIN, L. **Under the hood: issues in the specification and interpretation of spatial regression models (forthcoming: Agricultural Economics)**, 2002. Disponível em: <<https://geodacenter.asu.edu/pdf/hood.pdf>>. Acesso em 10/11/2015.
- ANSELIN, L.; VARGA, A.; ACS, Z. Geographical Spillovers and University Research: A Spatial Econometric Perspective. **Growth and Change**, v. 31, 2000.

ARAGÃO, F. M.; GOMES, L. J.; NOGUEIRA, M.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do Consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-SE. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano VII, n.12, agosto de 2008.

ARBIA, G. **Spatial econometrics: statistical foundations and applications to regional convergence**. Advances in Spatial Sciences Series. Londres: Springer, 2006.

ASSOCIAÇÃO PLANTAS DO NORDESTE – APNE; CNIP. Banco de Dados: lista de planos de manejo do Bioma Caatinga. **Estatística Florestal da Caatinga**. Natal: Programa Nacional de Florestas, Ministério do Meio Ambiente. p. 45-70. 2008.

AZEVEDO, G. V; SANTOS, D. S; SILVA, G. C; FERREIRA, J. S. Caracterización del consumo de lenha por el centro de cerâmica em Ibiassucê-Bahia, Brasil. In: Congresso Florestal Latinoamericano, 5, 2011, Bahia. **Anais...** Disponível em: <http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%204/Gilmar%20Correia%20Silva.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2015.

BARRETO, R. C. S. **Desenvolvimento Regional e Convergência de renda nos municípios do Estado do Ceará**. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. Convergence across states and regions, **Brookings Papers on Economic Activity 1**, 1991.

BARROS, P.P.; GAROUPA, N. Portugal-Europea union convergence: some evidence. **European Journal of Political Economy**, v.12, n.1, 1995.

BATISTA, C. T. **A mineração de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de uso e Ocupação do Solo**. 2010. 146f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2010.

BAUMONT, C. **Spatial effects in housing price models: do house prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?** Mimeo. Université de Bourgogne, 2004. Disponível em: <http://leg.u-bourgogne.fr/images/stories/pdf/doc_trav2004/e2004-04.pdf>. Acesso em: 08/11/2015.

BENDAVID-VAL, Avrom, **Regional and local Economic analysis for Practitioners**, Praeger Publishers, N.York, 1991.

BOZDONGAN. H. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**. v.52, n.3, 345-370, Sep. 1987.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015 – Ano Base 2014: Relatório Síntese**. Rio de Janeiro, 2015.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, Jan/Abr., 2007.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do Eucalipto como combustível: Análise química imediata da madeira e da casca. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF**, São Paulo, n. 16, p. 63-70, 1978.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia**. São Paulo: IPEF, 1979. 7p. (IPEF. Circular Técnica, 52).

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demanda de ações. **Biomassa & Energia**, Viçosa. v. 1, n. 2, p. 157-163, 2004.

BRITO, J.O.; DEGLISE, X. States and potencial of using wood for energy in Brazil. **Revue Forestière Française**, Paris, n.6, p.175-79, 1991.

CAMPELLO, F. B.; GARIGLIO, M. A.; SILVA, J. A.; LEAL, A. M. A. **Diagnóstico Florestal da Região Nordeste**. Projeto Desenvolvimento Florestal para o Nordeste do Brasil (Projeto IBAMA/PNUD/BRA/93/033). Brasília: IBAMA, 1999. (Boletim Técnico, n. 2).

CAMPELLO, F. C. B. **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: A questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da região do Araripe- Pe**.2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

CAMPOS, C. P. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo no Protocolo de Quioto**. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Estratégico) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CAPUCHO, T. O. **Produção leiteira no Paraná: um estudo considerando os efeitos espaciais**. 2010, 130f. Dissertação (Mestrado em Economia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

CARVALHO YWATA, A. X.; ALBUQUERQUE, P. H. M. Métodos e Modelos em Econometria Espacial: uma revisão. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 29, n. 2, p.273-306, 2011.

CARVALHO, J. N. F.; GOMES, J. M. A. Contribuição do extrativismo da carnaúba para a mitigação da pobreza no Nordeste. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7, 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2007.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; ARAÚJO, F. P.; REIS, E. M.; BRITO, L. L.; OLIVEIRA, C. A. V. Fontes de renda dos pequenos agricultores no semi-árido do Nordeste brasileiro. In: Congresso Brasileiro de economia e Sociologia Rural, 38, 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Campinas: UNICAMP.

CLEMENT, C. R. A lógica do mercado e o futuro da produção extrativista. In: KUBO, R. R. et al. **Atualidades em etnobiologia e etnoecologia**. Recife: Nupeea; Sociedade Brasileira de Etnobiologia e etnoecologia, 2006. p. 135-150.

- CLIFF, A. D.; ORD, J. K. **Spatial processes: models and applications**. Taylor & Francis, 1981.
- CLIFF, A.; ORD, J. K. **Spatial autocorrelation**. Londres: Pion, 1973.
- COELHO JUNIOR, L. M. **Análise econômica de produtos florestais em condições de risco e incerteza**. 2010. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.
- COELHO JUNIOR, L. M. **Análise temporal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais**. 2004. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. **Gaseificação de biomassa**. Belo Horizonte, 1986. 111p.
- CRUZ, B. O; FURTADO, B. A; MONASTERIO, L; JÚNIOR, W. R. **Economia Regional e Urbana: Teorias e Métodos com ênfase no Brasil**. Brasília: IPEA, 2011. 406p.
- DARMOFAL, D. **Spatial econometrics and political Science**. Mimeo, Departamento f Political Science, University of South Carolina, Columbia, 2006.
- DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3. São Paulo, 1998. **Anais...** São Paulo: SBPE, 1998. [Cd-Rom]
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2014** – Ano base 2013. Rio de Janeiro, 2014.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2015** – Ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015.
- ESPERIDIÃO, F.; MEIRELLES, J.G.P.; BITTENCOURT, M.V.L. Convergência e Capital Humano nos Municípios da Região Sul. In: VIII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – VIII ENABER, 2009, Juiz de Fora. **Anais...** Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2009.
- FAO. 2002. **State of the world's forests**. Rome. 126 p.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia Brasileira: história, índices e consequências. **Revista Megadiversidade**, Rio de Janeiro, vol. 1, n. 1, julho. 2005.
- FERREIRA, A. H. B. O debate sobre a convergência de rendas per capita. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, dez. 1995.
- FERREIRA, C. M. de C. Espaço, Regiões e Economia Regional. In: HADDAD, P. R. (Org.). **Economia regional : teorias e métodos de análise**. Fortaleza, BNB/ETENE, 1989. p. 45-66 (Estudos Econômicos e Sociais, 36).
- FIGUEIREDO, A. M. R. **Resposta da Produção agrícola aos preços na Região Centro-Oeste: uma análise de econometria espacial para o período de 1975/1995-1996**. 2002, 148f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

- FREITAS, M. V. **Análise de convergência de renda local entre países**. 2010, 134f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.
- GARCIA, R. A.; SOARES FILHO, B. S.; MORO, S. Modelagem espacial do desmatamento amazônico. In: Encontro de Associação de Estudos Populacionais, 15., 2006. Caxambú. **Anais...**Campinas: ABEP, p. 1-19, 2006.
- GHG PROTOCOL DA AGRICULTURA. **Metodologia GHG protocol para agricultura**. São Paulo: Unicamp; WRI Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Metodologia.pdf>> Acesso em 22 de outubro de 2015.
- GOEDKOOP, M; REIJUNGS, R; HUIJBREGTS, M; SCHRYVER, A. D; STRUIJS, J; ZELM, R. V. **RECIPE 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level**. Ruimte en Milieu, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen Milieubeheer, 5 ed., Fevereiro. 2013.
- GONÇALVES, A.C.; SOUSA, A.M.O.; SILVA, J. R. M. Florestas em climas mediterrânicos e biomassa para energia: um caso de estudo para o pinheiro bravo. **Livro de actas do II Workshop (Bio)Energia Universidade de Évora**, 16 de abril, 2013.
- GOODCHILD, M. The validity and usefulness of laws in geographic information Science and geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 2, p.300-303, 2004.
- GUADARBASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia – perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.
- GUINÉE, J. **Development of a Methodology for the Environmental Life-Cycle Assessment of Products (with a case study on margarines)**. 1995. Ph. D. thesis. Leiden University, Leiden, 1995.
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books, 2000.
- HADDAD, P. R. (Org.). **Economia regional: teoria e métodos de análise**. Fortaleza: BNB/ ETIENE, 1989.
- HADDAD, P. R. Medidas de localização e de especialização. In: HADDAD, P. R. (Org.). **Economia Regional: teorias e métodos de análise**. Fortaleza, BNB/ETENE, 1989. p. 225-248 (Estudos Econômico e Sociais, 36).
- HADDAD, P. R. Padrões regionais e crescimento do emprego industrial de 1950 a 1970. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, ano 39, n. 1, p. 3-45, jan./mar.,1977.
- HAES, H. U. (Ed.). **Life-Cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice**. [S.l.]: SETAC, 2002.

HENRIQUES JR, M. F. **Potencial de financiamento de eficiência energética nos setores de cerâmica e gesso no Nordeste**. Banco Interamericano de Desenvolvimento. 2013. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/handle/11319/3671?locale-attribute=pt>>. Acesso em: 15 de outubro de 2015.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGOCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994. p. 38-76.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1- 47, 2008.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 25, p.1-, 2010.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 27, p.1 - 63 2012.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 28, p.1- 69, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/index.htm>>. Acesso em: 16 de abril. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy balances of non-oecd countries 2003 – 2004**. Paris: OECD, 2006a. 365 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy balances of oecd countries 2003 – 2004**. Paris: OECD, 2006b. 257 p.

ISO 14040. Environmental management - Life cycle assessment - **Principles and framework**. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.

ISO 14044. Environmental management - Life cycle assessment - **Requirements and guidelines**. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDS Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

KLÖPPFER, W. The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: origin, purpose and practical performance. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, p. 1-7. 2012.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, v.74, n.6, p.1659-1673, 1993.

LIMA, J. F. ; ALVES, L. R. ; PIFFER, M. ; PIACENTI, C. A. Análise Regional das Mesorregiões do estado do Paraná no final do século XX. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, ano 24, n. 46, p. 7-26, set. 2006.

- LIMA, C.R.; BAJAY, S.V. Políticas e diretrizes para a biomassa florestal no Estado da Paraíba: "Aspectos da reposição florestal obrigatória". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3. São Paulo, 1998. **Anais...** São Paulo: SBPE, 1998. [Cd-Rom]
- LODDER, C. A. Padrões locacionais e desenvolvimento regional. **Revista Brasileira de Economia**, v. 28, n.1, 1974.
- LORA, E. E. S.; ANDRADE, R. V. Geração de energia e gaseificação de biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 3, p. 311-320, 2004.
- LUCIER, A.; MINER, R. *Biomass Carbon Neutrality in the Context of Forest-based*. 2010.
- MAZUR, A. I. ; ROMERO, E. A.; ECKER, A. E. A. Análise Locacional da produção das principais culturas na microrregião de Campo Mourão – Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 31-45, jan/abr. 2013.
- MEDEIRO, P. M. **Uso de Produtos madeireiros para fins domésticos em uma área de Floresta Atlântica no Nordeste Brasileiro**. 2010, 118f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- MIRANDA, G. **Potencial Energético de Três Espécies Florestais da Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil**. 1989. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- MORAIS, I. R. D. *Seridó norte-rio-grandense: uma geografia da resistência*. Caicó: Ed. Autor, 2004.
- MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e Participação das Florestas na Matriz Energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr/jun. 2011.
- MOTA, D. M.; SCHMITZ, H.; JÚNIOR, J. F. S. Atores, canais de comercialização e consumo da mangaba no Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 1, jan/mar. 2008.
- MUNIZ, R. N. Educação e Biomassa. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4., 2002, Campinas. **Anais eletrônicos...** Disponível em:<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100053&script=sci_arttext>. Acesso em: 18 Abril. 2015.
- NEVES, M. C. **Análise Exploratória Espacial de Dados Sócio-Econômicos de São Paulo**. Embrapa Meio Ambiente e Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/marcos_gisbrasil2000.pdf>. Acesso em: 04 de novembro de 2014.
- NORTH, D. C. Teoria da localização e crescimento econômico regional. In: SCHWARTZMAN, J. (Org.). **Economia regional : textos escolhidos**. Belo Horizonte: Cedeplar, 1977. p. 291-314.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; NETO, P. N.M. Características Físico-Química, Energética e Dimensões das fibras de Três Espécies florestais do Semi-Árido Brasileiro. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 550-555, 2013.

PARAÍBA. SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (SUDEMA). **Atualização do Diagnóstico Florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa, Paraíba, 2004. 268 p.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIN, M. I. S.; FERREIRA, P. G. C. Análise Espacial do Setor Agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova Economia**, v. 17, n. 1, Belo Horizonte, jan./abr. 2007.

PIACENTI, C.; ALVES, L. R.; LIMA, J. F. O Perfil Locacional do Emprego Setorial no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 39, n. 3, jul-set., 2008.

PIMENTEL, E. A.; HADDAD, E. A. Análise da distribuição espacial da renda no estado de Minas Gerais: uma abordagem setorial. In: Encontro Nacional da Economia, 32, 2004, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: Associação Nacional de Pós-Graduação em Economia (ANPEC) 2004.

PINTO, A. M. C. **A utilização da madeira no aquecimento escolar na Região de Viseu**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais Lenhocelulósicos) - Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 2006.

PIRES, A.C; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, mai/ agosto., 2002.

QUAH, D. Empirics for economic growth and convergence. **European Economic Review**. Vol. 40, p. 1353-75, 1996.

RÊGO, C. V.; PENA, M. G. **Análises dos Modelos de Regressão Espacial SAR, SEM e SAC**. 2012, 76f. Monografia (Bacharelado em Estatística) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

REIS, E. J.; GUZMÁN, R. M. Um modelo ecométrico do desflorestamento da Amazônia. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 23, n.1, abr. 1993.

REIS, E. J.; MARGULIS, S. Options for slowing Amazon jungle-clearing. In: DORRNBUH, R.; POTERBA, J. (Eds). **Global warming: the economic policy responses**. Cambridge, MA: MIT, Press, p. 335-375, 1991.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão Energética. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Org). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília-DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 65-75.

RÍOS, M. A. G. **Apuntes de economía regional**. Chile: PNUD, 2010.

SALA-I-MARTIN, X. The Classical Approach to Convergence Analysis. **Economic Journal**, Royal Economic Society, vol. 106(437), p. 1019-36, 1996.

SANTOS, S. C. J. ; GOMES, L. J. Consumo e Procedência de Lenha pelos estabelecimentos comerciais de Aracaju – SE. **Revista da Fapese**, vol. 5, nº 1, p. 155-164, jan./jun. 2009.

SCHUMACHER, G. **Produção de leite no Rio Grande do Sul: A distribuição espacial e a relação de dependência entre os municípios**. 2013, 103f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SEDJO, R. A. **Biomass and Carbon Neutrality: A Zero Sum Game?** Washington, DC: Resources for the Future. 2010.

SEDJO, R. A. **Comparative Life Cycle Assessments: Carbon Neutrality and Wood Biomass Energy**, Washington, DC: Resources for the Future. 2013.

SENATE, 2010 / **Letter to Senate**. July 2010. Disponível em: http://www.safnet.org/documents/biomass_science_letter_SENATE7-20-10.pdf. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de Florestas Energéticas de Eucalyptus no pólo gessoiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vols. 5 e 6, p. 301-319, 2008-2009.

SILVEIRA, M. S. **Arranjo Produtivo Local: o estudo de caso da cerâmica vermelha de Russas**. 2007, 48f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETA, C. R.; ARCE, J. E. O Estado da Arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.

SOARES, T. S; CARNEIRO, A. C. O; GONÇALVES, E. O; LELLES, J. G. Uso da Biomassa Florestal na Geração de Energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano IV, nº 8, agosto de 2006.

SOLOW, R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

SOLOW, R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function. **The Review of Economic and Statistics**, v.39, n.3, 1957.

SOUZA, E. C.; GOMES, M. F. M.; LÍRIO, V. S. Análise Locacional da Produção Vegetal nas Mesorregiões Geográficas Paranaenses. **REDES**, Santa Cruz do Sul, v. 12, n. 3, p. 58-73, set./dez. 2007.

SOUZA, N. J. Economia Regional: Conceitos e Fundamentos Teóricos. **Revista Perspectiva Econômica**, Universidade Vale do Rio dos Sinos, Ano XVI, v. 11, nº. 32, p. 67-102, 1981.

SOUZA, N. J.; PORTO JUNIOR, S. S. **Crescimento Regional e novos testes de convergência os municípios da região Nordeste do Brasil**. 2002. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ppge/pcientifica/2002_11.pdf> Acesso em: 08 de novembro de 2015.

SPOHR, G.; FREITAS, C. A. Teste da Convergência do PIB per capita da agropecuária no Brasil entre 1980 e 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 2, abr-jun.,2011.

TAVARES, J. M. O que acontece com o município vizinho interessa? Um estudo de econometria espacial aplicado a Santa Catarina (1998-2002). **Revista Textos de Economia**, Florianópolis, v. 12, n. 1, 2009.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri Paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014.

UHLIG, A. **Lenha e Carvão Vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para estimação do consumo**. 2008, 124f. Tese (Doutorado em Energia)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, 2008.

USEPA-US Environmental Protection Agency. **Guidelines for Assessing the Quality of LifeCycle Inventory Data**. Office of Solid Waste. Research Triangle Park, NC, 1995.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e Caracterização Energética da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

VALE, A. T; BRASIL, M. A. P; CARVALHO, C. M; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 083-088, 2000.

VIEIRA, R. S. **Crescimento econômico no estado de São Paulo: uma análise espacial**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

WALLER, L. A.; GOTWAY, C. A. **Applied spatial statistics for public health data**. New Jersey: John Willey & Sons, 2004.