UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG

INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS – ICEAC

CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

FELIPE PRIETSCH FERREIRA

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DAS EMISSÕES DE CO_2 A NÍVEL MUNICIPAL: UMA ANÁLISE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.

RIO GRANDE

2019

FELIPE PRIETSCH FERREIRA

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DAS EMISSÕES DE CO_2 A NÍVEL MUNICIPAL: UMA ANÁLISE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade Federal do Rio Grande como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Vinícius Halmenschlager

RIO GRANDE

2019

FELIPE PRIETSCH FERREIRA

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DAS EMISSÕES DE CO_2 A NÍVEL MUNICIPAL: UMA ANÁLISE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade Federal do Rio Grande como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado (a) em:

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof°. Dr. Vinícius Halmenschlager – Orientador

_____

Profº. Dr. Cassius Rocha de Oliveira - Membro

_____

Profº. Dr. Gibran da Silva Teixeira - Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, nosso Senhor Jesus Cristo e a mãe imaculada virgem Maria, pois sei que a fé sustentada por eles é capaz de remover montanhas e superar obstáculos. Agradeço ainda, mãe e pai pelo amor, carinho e força sempre ofertados em todos os momentos até aqui vividos, a minha irmã Betina que no início desta caminhada me deu diversas caronas e me motivou com confiança e crença de que conseguiria obter sucesso ao longo dessa jornada.

Faço uma dedicação especial neste trabalho de conclusão de curso a minha inicialmente noiva e depois esposa Jéssica, pois foi quem me ajudou nas horas mais difíceis, me acompanhou e sempre dedicou tempo para motivar minha luta diária, principalmente nos momentos finais, onde o cansaço começava a bater, além de ter me agraciado com meu mais novo tesouro, milha filha Cecília que se juntou a nós formando nossa família.

Gostaria ainda de dedicar especialmente ao meu querido sogro Paulo Sergio da Costa Reis, que acabou nos deixando, e foi um grande influenciador para que eu entrasse nesta caminhada, sei que de algum lugar está olhando por todos nós.

Não poderia ainda deixar de mencionar aqui os amigos que ganhei ao longo do curso, Ernani, Stéfany, Bruna, Sabrina e Wagner que por diversas vezes foram solidários com nossas causas em conjunto e disponibilizaram seus tempos em ajuda comunitária para se obter um bem comum, nos unimos para somar conhecimentos e forças para que atingíssemos juntos o nosso propósito final.

Por fim agradeço a todos os professores que contribuíram ao longo do tempo de formação, com dedicação constante em ensinar, traçando os melhores passos a serem seguidos, em especial dedico a meu Orientador Prof. Dr. Vinícius Halmenschlager que fez deste trabalho uma realização.

“TODA AÇÃO HUMANA, QUE SE TORNE POSITIVA OU NEGATIVA, PRECISA DEPENDER DE MOTIVAÇÃO”

(Dalai Lama)

RESUMO

Os países de um modo geral têm tido o crescimento econômico como meta para atingir-se o desenvolvimento, visando altas taxas de geração de emprego e renda *per capta*. Porém, atrelado ao crescimento encontram-se diferentes e elevados níveis de degradação ambiental, de modo especial pela emissão de gases poluentes. O objetivo deste trabalho é avaliar os principais aspectos socioeconômicos e ambientais que contribuem para os níveis de emissões de Gás Carbônico (CO_2), levando em consideração diferentes setores da economia – agricultura, agropecuária, processos industriais, transportes, dentre os 645 municípios do estado de São Paulo para um período que compreende os anos de 2007 a 2015. Foi utilizado um estudo econométrico de análise de regressão múltipla com dados em painel. Foram estimados os modelos de efeitos fixos e aleatórios. Os resultados indicam que O PIB *per capta,* o número de cabeças de gado *per capta e o* plantio de cana de açúcar *per capta foram as variáveis* independentes que demonstraram ter maior responsabilidade na emissão de CO_2. As variáveis indústria *per capta* e veículo *per capta* apresentaram valores não significativos para a emissão de CO_2.Conclui-se que esse estudo pode contribuir para conscientização dos efeitos ambientais que os aspectos socioeconômicos de um país podem acarretar, bem como para o direcionamento de políticas ambientais em consonância com o crescimento econômico, apresentando relevância para a necessidade de diminuição das emissões de GEE, especialmente o CO_2.

ABSTRACT

Countries have generally been targeting economic growth to achieve development, targeting high rates of job creation and per capita income. However, linked to growth are different and high levels of environmental degradation, especially by the emission of polluting gases. The objective of this paper is to evaluate the main socioeconomic and environmental aspects that contribute to carbon dioxide (CO2) emissions levels, taking into consideration different sectors of the economy - agriculture, agriculture, industrial processes, transportation, among the 645 municipalities of the state of. São Paulo for a period from 2007 to 2015. An econometric study of multiple regression analysis with panel data was used. The fixed and random effects models were estimated. The results indicate that GDP per capita, number of cattle per capita and sugarcane per capita were the independent variables that showed greater responsibility for CO2 emissions. The variables per capita industry and per capita vehicle presented non-significant values for CO2 emission. It is concluded that this study may contribute to the awareness of the environmental effects that the socioeconomic aspects of a country may cause, as well as to the direction of environmental policies. in line with economic growth, showing relevance to the need to reduce GHG emissions, especially CO2.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1..... 18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados..... 19

Tabela 2 - Resultados das regressões estimadas..... 24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CANPERC - Hectare de cana de açúcar *per capta*

CH_4 - Gás metano

CO_2 - Dióxido de carbono

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

GADPERC - Gado *per capta*

GEE - Gases de Efeito Estufa

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA - International Energy Agency

INDPERC - Indústrias *per capta*

MQG - Mínimos quadrados generalizados

Mt.p.ano - Milhões de toneladas por ano

N_2O - Óxido nitroso

PIB - Produto Interno Bruto

PIBPERC - PIB *per capta*

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissão de Gases

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática

VEICPERC - Veículos *per capta*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 11
2. REVISÃO DE LITERATURA..... 14
3. DADOS E MÉTODO..... 18
3.1. Dados..... 18
3.1.1. Estatística Descritiva..... 19
3.2. Metodologia..... 20
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 23
5. CONCLUSÃO..... 27
REFERÊNCIAS..... 29

1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico dos países tem sido tratado como meta e objetivo para atingir-se o desenvolvimento, buscando elevadas taxas de emprego e renda *per capta*. Porém, atrelado ao crescimento encontram-se diferentes e elevados níveis de degradação ambiental (SANTOS, RIBEIRO & MENDONÇA, 2016). As implicações ambientais, tais como a poluição por gases de efeito estufa (GEE), enfatizam os efeitos degradantes ao planeta, no sentido de que os GEE são a causa dominante do aquecimento global, com destaque para as emissões de dióxido de carbono (CO_2), um composto químico apontado como um dos principais responsáveis pelo aumento da temperatura global, à medida que ele forma uma camada na atmosfera que impede que o calor terrestre se dissipe no espaço (LEAL *et al*, 2015).

Nos grandes centros urbanos, as emissões de Dióxido de Carbono (CO_2) tornaram-se um dos piores e mais fatídicos tipos de poluição atmosférica. A procura por índices mais baixos de emissão de carbono, é um objetivo que os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos têm debatido frequentemente. Estes debates tornaram-se mais evidentes e seguidos, após a ratificação do protocolo de Quioto em 1999. A partir de então aumentaram-se os compromissos dos países para buscar a redução das emissões de gases do efeito estufa (MAZZERO, ALMEIDA & MIRANDA, 2014).

O uso de energias não renováveis, é um dos principais contribuintes para um aumento das emissões de CO_2. A demanda por essa energia em diversos lugares do mundo, e as emissões de CO_2 atreladas a ela, estão relacionadas de um certo modo com o tamanho da população e sua atividade econômica, podendo ser aferidas através do PIB (LIMA, MACHADO & RANGEL, 2016). No Brasil, dentre os setores da economia que mais consomem energia, destacam-se os setores industriais com 36% do total, e também o de transportes com 29% (LOPES, BRITO & MOURA, 2017).

No setor de transportes, o uso de combustíveis fósseis na utilização dos automóveis é um dos contribuintes para elevar os níveis de emissões de CO_2. Em contrapartida a utilização de biocombustíveis vem sendo difundida por diversos fatores, os quais destacam-se a redução da dependência por combustíveis fósseis dentro da matriz energética e a diminuição das emissões de Gases de Efeito Estufa –

GEE, principalmente de CO_2. A queima de diesel comum emite toneladas de dióxido de enxofre e hidrocarbonetos pesados na atmosfera, sem ainda mencionar na grande quantidade de CO_2 emitidos junto a outras partículas, que facultam em problemas respiratórias e dermatológicos (GARCILASSO 2016).

Outra fonte de emissões no Brasil é o agronegócio que tem posição de destaque na economia. Isto se deve, ao elevado volume de produção, que encontra disponibilidade de recursos naturais, inovação tecnológica, investimentos e retornos de produtividade além da média internacional (MONTOYA *et al*, 2014).

A grande maioria dos estudos que investigam as emissões de Gás Carbônico (CO_2) na atmosfera e suas consequências, traçam pesquisas a nível agregado para países e estados. Este trabalho, então, se propõe a investigar as emissões a nível municipal, importantes para o balizamento de políticas públicas com caráter ambiental, e desta forma procura contribuir para a redução pontual das emissões de CO_2 em busca do crescimento e desenvolvimento sustentável. A política, em nível municipal, pode considerar as especificidades de cada região do estado e assim elaborar planos de atuação mais eficientes, além de colaborar com as políticas macroeconômicas. Trazer os tomadores de decisões municipais para a discussão sobre o assunto, poderia aumentar e acelerar a eficácia do processo.

Diante deste cenário, este estudo tem por objetivo avaliar os principais aspectos socioeconômicos e ambientais que contribuem para os níveis de emissões de Gás Carbônico (CO_2), levando em consideração diferentes setores da economia – agricultura, agropecuária, processos industriais, transportes, dentre os 645 municípios do estado de São Paulo para um período que compreende os anos de 2007 a 2015. Tais setores foram elencados para estudo devido suas fortes abrangências nos diferentes municípios do estado.

O estado de São Paulo foi tomado como base, porque é o único que contém informações sobre emissões de CO_2 a nível de municípios, além de se apresentar como um dos maiores emissores do país. Para tanto foi utilizado um estudo econométrico de análise de regressão múltipla com dados em painel, a fim de determinar quais são os principais influenciadores e indicadores que afetam direta e indiretamente os níveis de emissões de Gás Carbônico na região estudada.

Por fim, o trabalho se divide em quatro capítulos, o primeiro é uma breve introdução sobre o tema abordado. O segundo se refere à revisão bibliográfica, a qual

se subdivide em duas sessões, na primeira há uma concisa explicação da origem do problema; enquanto a segunda sessão abarca a revisão empírica de fato. No terceiro capítulo, são descritos os dados e a metodologia. O quarto capítulo trará os resultados esperados e respectivas discussões para este artigo e, finalmente, as considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Apesar do trabalho deter-se a análise das emissões a nível municipal, os artigos escolhidos buscam abordar os cenários internacionais, nacionais e regionais acerca do estudo sobre emissões de CO_2 na atmosfera e seus impactos. Em suma, a literatura que aborda este tema apresenta-se mais vasta para estudos agregados.

Os gases de efeito estufa, quando liberados seguram o calor na atmosfera do planeta terra. Considera-se que o efeito estufa é algo normal de forma que sem ele a temperatura do planeta se tornaria baixíssima, e, deste modo, seria praticamente impossível viver na terra. Entretanto, o aumento gradativo de emissões ocorrido nos últimos anos, além de elevar a temperatura do planeta, faz com que radiações nocivas sejam capturadas pelos seres que nele habitam (LIMA, MACHADO & RANGEL, 2016).

Entre os maiores responsáveis que compõem os GEE, podemos destacar o dióxido de carbono (CO_2), metano, óxido nitroso e gases fluorados. O CO_2 é o que mais contribui em volume de emissão, sendo responsável por 80% dos gases emitidos no ano de 2014 nos Estados Unidos da América. A queima de combustíveis fósseis, lixos sólidos e produtos de madeira, são os principais contribuintes de emissão de CO_2 (LIMA, MACHADO & RANGEL, 2016). Mazzero, Almeida & Miranda (2014) ainda afirmam que a emissão de dióxido de carbono é o principal indicador físico de mudanças climáticas para medir Desenvolvimento Sustentável (United Nations, 2007),

Conforme Montoya *et al* (2014), a queima de combustíveis fósseis e a produção de gases que contribuem para o efeito estufa estão intimamente ligados ao desenvolvimento econômico no Brasil. Ponto sensível à economia e ao ambiente, que traz evidente necessidade de conciliar o crescimento econômico e alta tecnologia, com a preservação do meio ambiente.

Mazzero, Almeida & Miranda (2014) trazem a importância dessa conciliação sob um ponto de vista retrospectivo, ao destacar que os países industrializados e em processo de industrialização têm buscado reduzir a emissão de carbono como meta há muito tempo, mas de forma mais recorrentemente desde a ratificação do Protocolo de Quioto em 1999, onde se estabeleceu compromissos mais rígidos para a redução das emissões dos gases que intensificam o efeito estufa.

O estudo de Montoya *et al* (2016) sustenta a tese de que o desenvolvimento econômico tem resultado na emissão de gases poluentes, corroborando com Montoya *et al* (2014), ao verificar que o agronegócio brasileiro além de responder por 21,26% do PIB é também responsável por 40,96% das emissões de CO_2. Nas últimas décadas os sistemas agrícolas passaram por transformações significativas em meio à mecanização agrícola, biotecnologia e tecnologia da informação. Embora o crescimento tecnológico e econômico contribua positivamente para o país com impactos no PIB e na geração de emprego, é importante reconhecer esses impactos na manutenção do meio ambiente, especialmente em decorrência da emissão de gases poluentes como o dióxido de carbono.

Segundo o estudo de Mazzero, Almeida & Miranda (2014) o desenvolvimento econômico apresenta uma relação com a emissão de GEE, especialmente com o CO_2. Isso pode ser explicado pelo grau de abertura ao comércio internacional, visto que nessa relação comercial as emissões de carbono se originam pelo processo industrial, através da fabricação de bens e serviços e no próprio transporte dessas mercadorias e, desse modo prejudicam a sustentabilidade global.

Nesse sentido torna-se relevante voltar as atenções para o perfil do impacto ecológico de relações que se dão como a do Brasil com a República Popular da China. Essa relação caracteriza-se pelo substancial crescimento dos fluxos comerciais a partir de 2002 em diante e que, embora seja bilateral é também desigual, visto que o Brasil concentra suas exportações em produtos primários e as suas importações da China concentram-se em manufaturas (MAZZERO, ALMEIDA & MIRANDA, 2014).

Já Santos, Ribeiro & Mendonça (2016) investigaram em seu estudo a relação do crescimento econômico com a degradação utilizando-se da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental, uma relação que em certo nível a degradação ambiental aumentaria nos momentos iniciais do crescimento econômico, e diminui quando certo nível de renda fosse alcançado. Logo, constataram que no Brasil o PIB *per capta* é causa de 96,2% das emissões de dióxido de carbono.

Como a maior parte das fontes energéticas se originam de combustíveis fósseis, maior é a produção de GEE, como o CO_2. Isso se justifica pelo consumo de energia necessário para suportar o crescimento econômico.

A relação entre a emissão de CO_2 e o PIB *per capta* também foi objeto de estudo de Lima, Machado & Rangel (2016) que analisaram essa relação tanto no

Brasil como nos Estados Unidos, que possui o maior PIB mundial. Desse modo, observaram que por muitos anos as emissões de dióxido de carbono foram proporcionais ao crescimento econômico dos dois países, no entanto houve uma diminuição da relação entre as duas variáveis nos Estados Unidos a partir de 2007, já no Brasil essa diminuição só ocorreu em 2011. Isso demonstra que o EUA alcançou um patamar de eficiência energética com economia crescente e menos gasto energético e por consequência menor emissão de CO_2.

Outro determinante para a emissão de CO_2 se deve à manutenção da pecuária. A indústria da carne demanda o uso de combustíveis fósseis em transporte e tratores nos fertilizantes químicos e pesticidas, tendo em vista que esses animais são alimentados com ração cuja produção utiliza considerável energia. A energia utilizada para produzir um quilo de carne de gado alimentado com ração se equivale a 1,7 litros de gasolina (MOULIN, 2009).

O mercado da agropecuária também está condicionado à necessidade de conciliar a preservação do ambiente com uma produção de alta tecnologia da qual esse mercado se utiliza, tendo em vista que a perspectiva para o agronegócio é de expansão, com previsões de que o mercado energético nacional aumentará em 196,25% no período entre 2006 e 2030. Desse modo é possível prever os riscos de maiores emissões de CO_2 devido ao maior consumo de energia para sustentar o crescimento das atividades do agronegócio brasileiro (MONTOYA *et al*, 2014)

Garcilasso (2016) em seu estudo corrobora com Montoya *et al* (2014) no que diz respeito à emissão de GEE em decorrência da agropecuária no Brasil. Enfatiza que isso ocorre por meio da emissão do metano pelos ruminantes, dos desmatamentos e das trocas nas ocupações dos solos devido a expansão da atividade.

Desse modo, o setor agropecuário e o desmatamento que o acompanha na formação do pasto são de grande relevância no impacto ambiental, apontados como os responsáveis pela parte mais significativa das emissões de GEE. Nesse cenário o desmatamento responde pela maior parte das emissões de CO_2, já a fermentação produzida pelo rebanho bovino provoca a maior parte das emissões do gás metano (CH_4). Assim, as regiões de desmatamentos são o ambiente em que ocorrem as maiores emissões de GEE, à medida que são regiões onde a criação e expansão dos rebanhos efetivamente substituem as áreas de vegetação nativa (CLAUDINO, 2014).

Porém, nas capitais do país e nas grandes cidades, os elevados níveis de emissões advêm do setor de transporte, isto devido ao uso dependente dos combustíveis advindos do petróleo, que trazem problemas ambientais e na saúde das pessoas locais (GARCILASSO, 2016). O setor de transportes apresenta um ponto relevante no que diz respeito ao uso de biocombustíveis, e nesse sentido o Brasil está entre os três maiores países produtores e consumidores. Todavia, ainda há uma grande dependência desse setor dos combustíveis fósseis, especialmente do petróleo e derivados. Além disso o setor de transporte contribui para a emissão de GEE por meio do Metano (CH4) no consumo de carvão, gás e petróleo (LIMA MACHADO & RANGEL, 2016).

No setor agrícola o plantio de cana-de-açúcar favorece a ocorrência de emissões de CO_2, em virtude do preparo convencional do solo que ocasiona a sua exposição, desagregação e redução de umidade, associadas às elevações de temperatura. Nesse sentido o setor de cana-de-açúcar dispõe de potencial para a redução da emissão de CO_2 ao adotar medidas como a conversão do sistema de preparo convencional para um sistema de práticas mais conservacionistas, em que o preparo do solo é realizado apenas na linha de plantio, preservando a umidade e reduzindo a perda de CO_2 (IAMAGUTI *et al*, 2015).

De um modo geral estudos apontam o desenvolvimento econômico e a intensificação da industrialização como grandes determinantes para a emissão de GEE, especialmente o CO_2, cada um dando ênfase aos diferentes desdobramentos desse desenvolvimento econômico que impactam no meio ambiente.

Os diversos fatores já mencionados são determinantes para a ocorrência do aumento da concentração de GEE na atmosfera. Eles contribuem para acelerar o processo de mudanças climáticas, tendo o dióxido de carbono como o principal gás responsável (SILVA *et al*, 2015).

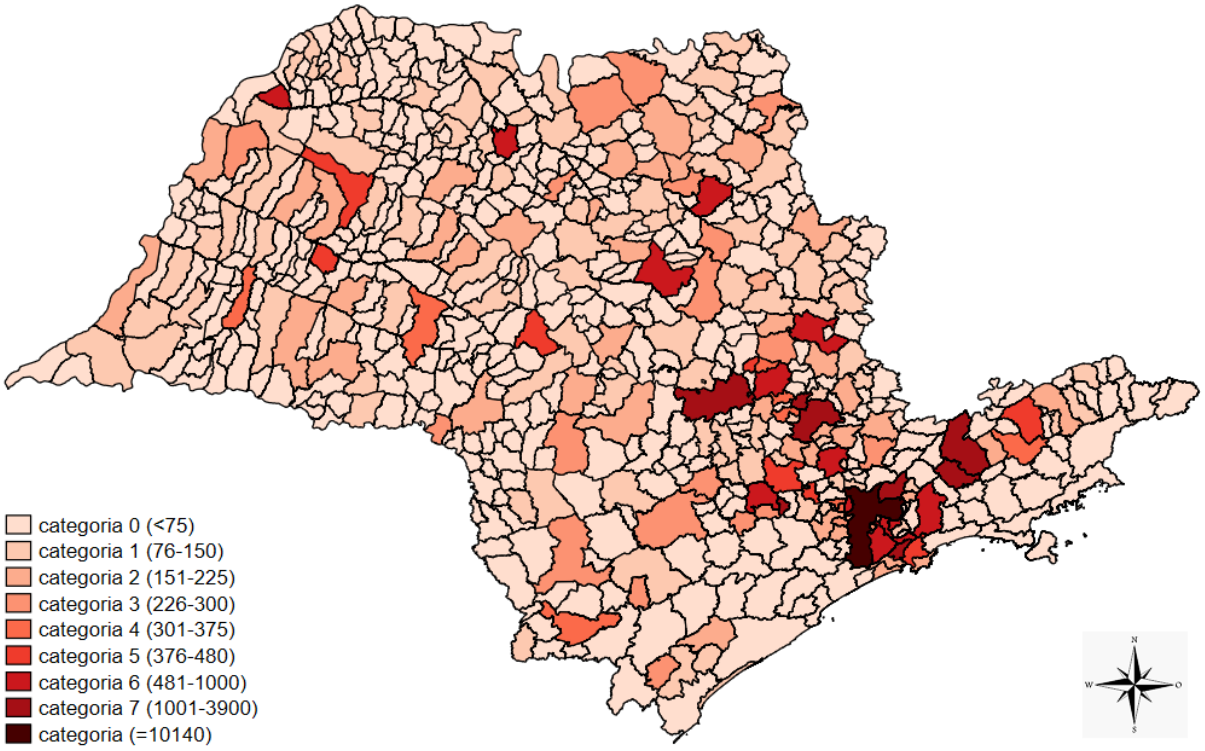
É perceptível que os países em estágio inicial de desenvolvimento estão mais propensos a emitir maiores níveis de GEE pela ineficiência e atraso tecnológico. Desse modo cada país ao longo do tempo, necessita buscar adaptar a sua matriz energética afim de buscar fontes de energia menos agressivas e sustentáveis, conciliando o equilíbrio econômico e o nível tecnológico em que se encontrem.

3. DADOS E MÉTODO

3.1 Dados

Para realizar a análise, os dados coletados são referentes aos índices totais de emissão de Gás Carbônico (CO_2), para os 645 municípios do estado de São Paulo, que é composto pela quantidade emitida por diferentes setores da economia, tais como os setores de agropecuária, transportes, indústria, agricultura e urbanização. Os dados sobre emissão de poluentes foram extraídos do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases – SEEG[1].

Figura 1 – Distribuição das emissões de CO_2 no estado de São Paulo.



Fonte: Elaborado pelo autor. Nota: Emissões CO_2 em (Mt.p.ano).

A partir da figura 1, se verifica que a maioria dos municípios do estado apresentam emissões inferiores a 3,75 Milhões de toneladas por ano. Por outro lado,

[1] Disponível em: <http://seeg.eco.br/>

é perceptível que altos níveis de emissões se concentram na região metropolitana, com destaque para o município de São Paulo que apresenta emissão superior a 10 Milhões de toneladas por ano.

No que tange as variáveis explicativas do modelo, os dados de PIB municipal, número de cabeças de gado, indústrias de transformação, e plantio de cana de açúcar foram extraídos da base de dados do SIDRA do IBGE. Já os dados referentes a população foram obtidos por meio de bases de dados distintas, provenientes da estimativa de população do SIDRA e do censo populacional no ano de 2010, ambos da base de dados do IBGE. Ainda, foram coletados dados sobre frotas de veículos do site do DENATRAN.

Os dados foram transformados em termos *per capta*, para se obter resultados mais precisos, buscando evitar efeitos de escala.

3.1.1 Estatística Descritiva

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados.

VARIABLES	(1) N	(2) mean	(3) sd	(4) min	(5) max
População (mil)	5,805	65.29	460.34	.804	11967.83
Pibperc (R$ mil)	5,805	21.57	19.69	3.868	378.0
gadperc	5,492	2.017	2.501	4.20e-05	17.79
Veicperc	5,805	3.317	32.78	0.00100	898.4
Indperc	5,699	0.00249	0.00192	9.27e-05	0.0191
Canperc (ha)	4,581	0.875	1.020	0	8.178
lnCO2GWPperc	5,650	3.518	1.011	-5.584	7.699

Fonte: Elaborado pelo autor/ STATA 14;
Nota: Observações (N), médias (mean), mínimos (mín), máximos (máx) e o desvio padrão (sd).

Na tabela 1 se observa a análise descritiva das variáveis de pib *per capta* em R$ mil (pibperc); gado *per capta* (gadperc); veículos *per capta* (Veicperc); indústrias *per capta* (Indperc); hectare de cana de açúcar *per capta* (canperc). Observa-se também a variável explicada de CO_2 em log *per capta* (lnCO_2GWPperc).

A estatística descritiva revelou que os municípios analisados têm em média uma população de 65 mil habitantes, com um PIB per capta médio de R$ 21 mil reais, além de uma média de duas cabeças de gado *per capta*, três veículos *per capta*, 0,002 indústrias *per capta* e uma média de 0.8 hectares de cana de açúcar *per capta.*

3.2 Metodologia

Para analisar a relação dos determinantes socioeconômicos das emissões de CO_2 a nível municipal, foi utilizado um estudo econométrico de análise de regressão múltipla com dados em painel. Foram estimados os modelos de efeitos fixos e aleatórios.

O modelo econométrico de regressão múltipla permite o controle explícito de muitos fatores de maneira simultânea que afetam a variável dependente. Para Hsiao (1986) uma série de vantagens é oferecida quando utilizamos os modelos para dados em painel, em relação aos modelos de corte transversal, ou ainda os de séries temporais, pois os modelos de dados em painel controlam a heterogeneidade dos indivíduos.

Dados em painel nada mais é do que combinação de série temporal e seção cruzada, ou seja, utiliza-se várias unidades medidas ao longo do tempo. Levando em conta um conjunto de dados com *i* = 1, 2, ..., N unidades e *t* = 1, 2, ..., T períodos de tempo, o modelo geral será:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}\,\beta + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

Em que α_i representa os efeitos específicos, ou características, das unidades que não tem variação ao longo do tempo e ε_{it} o termo de erro.

Este modelo gera outros dois modelos que são estimados de acordo com as pressuposições que fazemos a respeito da possível correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas X_{it}: Os dois modelos gerados são o de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios.

a) Modelo de efeitos fixos:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (2)$$

A principal característica desse modelo é tratar os α_i ' s como variáveis aleatórias não observadas e correlacionadas com algum X_{it}.

b) Modelo de Efeitos Aleatórios:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \quad (3)$$

O estimador de efeitos aleatórios considera o erro combinado, ou seja, $u_{it} = v_i + \varepsilon_{it}$ e pressupõe que v_i é iid com variância $\sigma_v{}^2$ e que ε_{it} é iid com variância $\sigma_\varepsilon{}^2$. Pode – se mostrar que $V(u_{it}) = \sigma_v{}^2 + \sigma\varepsilon^2$ e que $Cov(u_{it}, u_{is}) = \sigma_v{}^2$, t ≠ s. Logo,

$\rho_u = Cor(u_{it}, u_{is}) = \frac{\sigma v^2}{\sigma v^2 + \sigma\varepsilon^2}$, para todo t ≠ s. Assim, o modelo de Efeitos Aleatórios tem como preposição correlação serial no erro. O estimador de efeitos aleatórios é um estimador de mínimos quadrados generalizados (MQG) que considera correlação entre os erros de cada unidade.

Foi utilizado então, o teste de Hausman para determinar o melhor modelo a ser usado na estimação. O teste de Hausman faz uma comparação entre os Betas das regressões de efeito fixo e efeito aleatório, para então definir qual é o mais apropriado para se fazer a estimação dos resultados. Para tanto, o teste utiliza o valor do prob>chi2, que ao mostrar-se significativo, ou seja, menor do que 0,05 indica que o modelo fixo é mais adequado.

Portanto foi estimado o seguinte modelo:

$$lnCO2GWPperc_{it} = \alpha + pibperc_{it} + gadperc_{it} + Veicperc_{it} + Indperc_{it} + canperc_{it} + pibperc_{it}^2 + gadperc_{it}^2 + Veicperc_{it}^2 + Indperc_{it}^2 + canperc_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

A variável $lnCO2GWPperc_{it}$ representa as emissões de CO_2 *per capta* para o munícipio i, no período t. Já a variável $pibperc_{it}$ representa o PIB per capta para o munícipio i, no período t. Outra variável é a de $gadperc_{it}$ que representa o número de cabeças de gado per capta para o munícipio i, no período t. A variável $Veicperc_{it}$ representa o número de veículos per capta no munícipio i, no período t. Já a variável $Indperc_{it}$ representa a quantidade de indústrias de transformação per capta no munícipio i, no período t. E, por fim, a variável $canperc_{it}$ representa o número de hectares, per capta, de cana de açúcar plantada no município i, no período t.

Para as variáveis ao quadrado, $pibperc^2_{it}$ representa o PIB per capita ao quadrado para o munícipio i, no período t. já a variável $gadperc^2_{it}$ representa o número de cabeças de gado per capita, elevado ao quadrado, para o munícipio i no período t. Outra variável é a de $Veicperc^2_{it}$ que representa o número de veículos per capita, ao quadrado, para no município i, no período t. Ainda a variável $Indperc^2_{it}$ representa a quantidade de indústrias per capta, elevado ao quadrado, para o município i no período t. Por fim, a variável $canperc^2_{it}$ representa o número de hectares plantados de cana de açúcar per capta, elevado ao quadrado para o munícipio i no período t. A constante é representada pelo α, e o erro aleatório do modelo é representado por ε_{it}. Justifica-se o uso das variáveis ao quadrado, a fim de capturar as relações não lineares entre as variáveis de interesse.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem por objetivo apresentar e analisar os resultados obtidos no estudo, a fim de mostrar os principais aspectos socioeconômicos e ambientais que contribuem para os níveis de emissões de Gás Carbônico (CO_2) a nível municipal, no estado de São Paulo.

Para se analisar os resultados, de dados em painel, a regressão foi estimada na forma pooled – cross section agrupada (1), com efeito fixo (2) e com efeito aleatório (3). Após a estimação dos dados nessas três formas, verificou-se que os resultados não variaram muito entre os modelos. Então, para se determinar o melhor modelo a ser utilizado na estimação, foi realizado o teste de hausman, que faz uma comparação entre os Betas das regressões de efeito fixo e efeito aleatório, para então definir qual é o mais apropriado para se fazer a estimação dos resultados. Ao realizar o teste, encontramos o valor do prob>chi2 igual a 0,0006 demonstrando que o modelo de efeito fixo (2) se mostra mais significativo para a obtenção dos resultados. Desta forma, analisaremos então somente os valores da coluna de efeito fixo (2).

Tabela 2 - Resultados das regressões estimadas.

	(1) Pooled	(2) EF	(3) EA
VARIABLES	lnCO2GWPperc	lnCO2GWPperc	lnCO2GWPperc
pibperc	0.0208***	0.00343***	0.00467***
	(0.00106)	(0.000764)	(0.000752)
gadperc	0.304***	0.138***	0.221***
	(0.00867)	(0.0164)	(0.0132)
Veicperc	0.00263**	-0.00375	-0.000436
	(0.00111)	(0.00270)	(0.00145)
Indperc	-33.07***	-6.305	-24.30*
	(10.35)	(14.52)	(13.25)
canperc	0.535***	0.130***	0.214***
	(0.0190)	(0.0200)	(0.0186)
pibperc2	-6.09e-05***	-1.31e-05***	-1.60e-05***
	(6.05e-06)	(3.75e-06)	(3.74e-06)
gadperc2	-0.0144***	-0.00575***	-0.00926***
	(0.000774)	(0.00113)	(0.001000)
Veicperc2	-3.71e-06***	2.69e-06	4.48e-07
	(1.37e-06)	(1.86e-06)	(1.38e-06)
Indperc2	1,356	1,435	1,919
	(929.5)	(1,441)	(1,299)

canperc2	-0.0679***	-0.0118***	-0.0199***
	(0.00405)	(0.00312)	(0.00304)
Constant	2.526***	3.317***	3.099***
	(0.0329)	(0.0429)	(0.0450)
Observations	4,424	4,424	4,424
R-squared	0.541	0.037	
Teste de Hausman		prob>chi2	
		0,0006	

Fonte: Elaborado pelo autor.
Nota: Standard errors in parentheses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Os resultados indicam que de acordo com o teste de regressão aplicado, as variáveis independentes, como número de veículos *per capta* e indústrias *per capta* não se mostraram significativos para a emissão de CO_2. Caso fossem significativas, afetariam negativamente as emissões de CO_2. Por outro lado, o PIB *per capta*, o número de cabeças de gado *per capta* e o plantio de cana de açúcar *per capta* foram as variáveis independentes que se mostraram significativas para a emissão de CO_2, todas afetando positivamente as emissões com valores 0,34%, 13,8% e 13% respectivamente, de acordo com os valores obtidos na regressão. O valor da constante também se mostrou significativo e positivo as emissões, com valor de 331,7%.

Destaca-se que dentre as variáveis que apresentaram o desempenho significativo, o número de cabeças de gado foi a variável com valor mais significativo para a emissão CO_2, seguida pelo plantio de cana de açúcar *per capta* e pelo PIB *per capta*. O destaque encontrado para o mercado agropecuário no presente estudo é sustentado pelo estudo de Claudino (2014) que traz o dado de que o setor agropecuário é o responsável majoritário pelas emissões de CH_4 no Brasil, em um montante cujos 54% são resultantes da fermentação entérica do gado, colocando o Brasil como líder mundial na emissão de metano. O setor agropecuário é também responsável por parte significativa das emissões de óxido nitroso (N_2O) que, juntamente com as emissões da pecuária, somam 85% do N_2O emitido no país (CLAUDINO, 2014).

A colaboração expressiva do plantio de cana-de-açúcar para emissão de GEE encontrada nesse estudo, acompanha a tendência mundial da agricultura, que é responsável por quantidades significativas na emissão de gases como CO2, CH4 e N2O para a atmosfera. Nesse sentido, o Brasil tem sua participação na agricultura

com consequências na emissão de GEE, tais como CO_2, CH_4 e N_2O em 75, 78 e 91% respectivamente no total das emissões antrópicas (IAMAGUTI et al, 2015).

Conforme a metade inferior da tabela é possível notar que as variáveis PIB *per capta*, cabeças de gado *per capta* e cana de açúcar *per capta* ao serem submetidas ao teste em valor quadrado apresentaram valores negativos. Isso se traduz em um ajuste de curva com um ponto máximo de acordo com o modelo de Kuznets (CATALÁN, 2014)

O estudo de Ávila e Diniz (2015) aponta que esse efeito de curvatura ocorre em vista do fato de que quando um país pobre começa a ascender economicamente ele tem essa dinâmica acompanhada por emissões em níveis crescentes, em uma associação natural com a atividade produtiva, e nessas condições esses países dão prioridade menor a qualidade ambiental, culminando no ponto máximo da curva o eixo de ápice da atividade econômica e de nível de poluição. Ao se atingir certo patamar econômico começam a mudar as prioridades e esses países se voltam às questões ambientais, ocorrendo um declínio na curva de emissões poluentes.

Porém Lima, Machado & Rangel (2016) ressaltam que mesmo que as emissões apresentem uma trajetória de curva em U invertido, não há garantias que o processo de diminuição das emissões se sustente a longo prazo. Dessa forma, o crescimento econômico isoladamente pode não ser suficiente para a conformação dessa curva, tornam-se necessárias políticas ambientais, que aliadas ao crescimento econômico produzam um efeito de redução no impacto ambiental.

Já as variáveis indústria *per capta* e veículo *per capta,* mesmo não sendo significativas, ao serem submetidas ao teste em valor quadrado, apresentaram valores positivos conformando um ajuste de curva com um ponto mínimo. O comportamento numérico positivo dessas variáveis é corroborado pelo estudo de Lima, Machado & Rangel (2016), que indica que de acordo com relatório da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA) tem ocorrido um desacoplamento entre as emissões de GEE e o crescimento econômico. Nesse sentido a correlação direta entre PIB global e as emissões de CO_2 existente até então vem se encaminhando para uma tendência de dissociação.

5. CONCLUSÃO

Este estudo objetivou avaliar os aspectos socioeconômicos e ambientais de maior relevância para a emissão de CO_2 tendo em conta distintos setores da economia ligados à emissão de gases poluentes. Para tanto utilizou-se um estudo econométrico de análise de regressão múltipla com dados em painel, que viabilizou a análise da relação dos determinantes socioeconômicos das emissões de CO_2 a nível municipal, em vista do controle explicito de muitos fatores de forma concomitante que este modelo econométrico viabiliza.

O PIB *per capta*, o número de cabeças de gado *per capta* e o plantio de cana de açúcar *per capta* foram as variáveis independentes que demonstraram ter maior responsabilidade na emissão de CO_2. Recordando-se que o número de cabeças de gado *per capta* apresentou os valores mais significativos para a emissão de CO_2. Nesse sentido o presente estudo encontrou o destaque para o mercado agropecuário na emissão de CO_2 nos municípios de São Paulo, um resultado que acompanha a tendência geral, uma vez que foi sustentado por outros estudos aqui discutidos.

O presente estudo obteve outros resultados que colaboram com a tendência mundial de dissociação entre o crescimento econômico e as emissões de GEE, uma vez que as variáveis indústria *per capta* e veículo *per capta* apresentaram valores não significativos para a emissão de CO_2.

Os resultados encontrados nesse estudo podem contribuir para conscientização dos efeitos ambientais que os aspectos socioeconômicos de um país ou região podem acarretar. Além disso por meio da metodologia científica são desmistificadas suposições e confirmadas tendências, através do controle de muitos fatores de maneira simultânea que influenciam na emissão de CO_2, enquanto variável dependente.

Estudos como o presente podem ser de relevância para justificar a necessidade de diminuição das emissões de GEE, especialmente o CO_2. Para tanto se conforma o desafio de aliar uma cooperação da postura governamental com o mercado empresarial que alimenta a economia e presta os serviços necessários à manutenção da população, mas que também trás consigo efeitos nocivos como a emissão de gases poluentes.

Dessa forma, ressaltasse que dentre as conclusões elencadas nesse estudo, há a importância de se compreender o momento do crescimento econômico pelo qual um país ou região em foco esteja passando, em vista de que quando ocorre o crescimento econômico há um auge na economia que é concomitante ao ápice de degradação ambiental. Assim, pretende-se colaborar para a tomada de decisões e a aprimoramento das políticas ambientais, de modo particular para os países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

Tendo em vista que, de acordo com a curva ambiental de Kuznets, após um ápice de desenvolvimento econômico e degradação ambiental, os prejuízos ambientais começam a diminuir. Ressaltasse a importância de investimentos em políticas ambientais que auxiliem os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento no momento anterior a esse ápice de prejuízo ambiental, além da exploração de recursos naturais por meio de tecnologias eficientes, de modo a conciliar o desenvolvimento econômico e a manutenção ambiental.

Nesse sentido é de grande relevância que as políticas governamentais atuem no sentido de incentivar uma estrutura econômica apoiada por serviços subsidiados por uma melhor eficiência energética com consequentes níveis moderados de consumo de combustíveis fósseis. Assim ressaltasse a importância dos resultados aqui encontrados bem como da pesquisa científica, de modo a sustentar a tomada de decisões com impactos no mercado, na economia de um país, na geração de emprego e renda e na elaboração de políticas ambientais que visem a estabilidade ambiental em harmonia com o crescimento econômico.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, E. S. D; DINIZ, E. M. Evidências sobre curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. **Estud. Econ.** vol.45 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2015.

CATALÁN, H. Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. **Economía Informa** vol.389 p:19-37 nov./dec. 2014.

CLAUDINO, L. S. D. Discursos e práticas sociais da sustentabilidade a partir da pecuária bovina brasileira. **Sustentabilidade em Debate** - Brasília, vol. 5, nº3, p. 184-202, set./dez. 2014.

DENATRAN. **Frota de veículos 2015.** Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8555-frota-de-veiculos-2015.html.
Acesso em: 22 de agosto de 2019.

FASOLIN, L. B; KAVESKI, I. D. S; CHIARELLO, T. C; MARASSI, R. B; HEINN, N. Relação entre o Índice de Sustentabilidade e os Indicadores Econômico-financeiros das empresas de energia brasileiras. **REGET**. vol.18 nº2 p.955-981, mai./ago. 2014.

GARCILASSO, V. P. Análise entre processos e matérias-primas para a produção de biodiesel. **Revista Biomais.** Ano III nº17, outubro, 2016.

GUJARATI, D. N; PORTER, D. C. **Econometria básica.** 5ª edição. Porto Alegre: Amgh. 2011

HSIAO, C. **Analysis of panel data.** Cambridge: Cambridge University Press, 1986

IAMAGUTI, J. L; MOITINHO, M. R; TEIXEIRA, D. D. B; BICALHO, E. D. S; PANOSSO, A. R; SCALA JUNIOR, N. L. Preparo do solo e emissão de CO2, temperatura e umidade do solo em área canavieira. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. vol.19 nº5 p.497–504, 2015.

IBGE. **Censo 2010.** Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?view=noticia&id=3&idnoticia=1766&busca=1&t=censo-2010-populacao-brasil-190-732-694-pessoas.
Acesso em: 1º de setembro de 2019.

LEAL, R. A; ELY, R. A; UHR, J. G. Z; UHR, D. D. A. P. Ciclos Econômicos e Emissão de CO2 no Brasil: Uma Análise Dinâmica para Políticas Ambientais Ótimas. **Rev. Bras. Econ.** vol.69 nº1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2015

LIMA, Y. R. S; MACHADO, T. S; RANGEL, J. J. A. Desacoplamento entre as emissões de CO^2 e o PIB. **Revista Produção e Desenvolvimento.** Vol.2 nº3, p.37-57, set./dez. 2016.

LOPES, G. D. A; BRITO, J. O; MOURA, L. F. D. Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. **Revista Biomais.** Ano IV nº24, 2017.

MAZZERO, M. F; ALMEIDA, L. T. D; MIRANDA, S. H. G. D. Análise ambiental do comércio bilateral brasil-china segundo as emissões de CO^2. **Revista iniciativa econômica.** Vol.1 nº2, 2014.

MOULIN, C. C. L. Consumo de animais: o despertar da consciência. **Revista Brasileira de Direito Animal.** Ano.4 nº5, jan./dez. 2009.

MONTOYA, M. A; PASQUAL, C. A; LOPES, R. L; GUILHOTO, J. J. M. **Dimensão econômica e ambiental do agronegócio brasileiro na década de 2000: uma análise insumo-produto da renda, do consumo e energia e das emissões de dióxido de carbono por fonte de energia.** Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo – NEREUS. São Paulo, 2014.

MONTOYA, M. A; PASQUAL, C. A; LOPES, R. L; GUILHOTO, J. J. M. Consumo de energia, emissões de CO^2 e a geração de renda e emprego no agronegócio brasileiro: uma análise insumo–produto. **Economia Aplicada.** Vol.20 nº4, p.383-412, 2016.

SANTOS, R. P. D; RIBEIRO, A. R; MENDONÇA, K. V. D. Crescimento econômico e degradação da qualidade do ar: o caso brasileiro. **Encontros Universitários da UFC.** Vol.1 Fortaleza, 2016.

SIDRA. **Cadastro Central de Empresas.** Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/993.
Acesso em: 1º de setembro de 2019.

SIDRA. **Pesquisa da Pecuária Municipal.** Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939.
Acesso em: 1º de setembro de 2019.

SIDRA. **População Residente Estimada.** Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/geratabela?format=xlsx&name=tabela6579.xlsx&terr=N&rank=-&query=t/6579/n1/all/n6/all/v/all/p/2008,2009,2011,2012,2013,2014,2015/l/v,p,t.
Acesso em: 1º de setembro de 2019.

SIDRA. **Produção Agrícola Municipal.**
Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612.
Acesso em: 26 de setembro de 2019.

SILVA, F. F; RODRIGUES, L. D. A; MOREIRA, R. B; COELHO, A. B. Determinantes da emissão de CO2 por uso de combustíveis fósseis para países sul-americanos: uma abordagem STIRPAT. **Revista de Economia.** Vol.41 nº1, p.77-94, jan./abr. 2015.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução À Econometria. Uma Abordagem Moderna.** Editora: Cengage, 2011.