

EMIÇÃO DE CO₂ E A AGROPECUÁRIA NOS PAÍSES DO MERCOSUL**CO₂ EMISSION AND THE AGRICULTURE IN MERCOSUR COUNTRIES**

Eduardo Gasparin¹
José Airton Azevedo dos Santos³

Elaine Werncke²
Neusa Idick Scherpinski³

RESUMO

O crescente aumento da emissão de poluentes a nível mundial é uma questão relevante e devendo ser estudada e compreendida, principalmente devido aos efeitos nocivos diretos e indiretos a saúde humana. O presente estudo tem por objetivo analisar a situação dos países pertencentes ao MERCOSUL, analisando possíveis relações matemáticas entre a emissão per capita de CO₂ e a porcentagem do território destinado às atividades agrícolas, buscando representá-la por meio de um modelo estatístico. Com a utilização de séries históricas, obtidas em fontes nacionais e internacionais prestigiadas, conceitos de correlação e análise de regressão, conclui-se que, para o Brasil e Paraguai, existe uma correlação quase perfeita entre as variáveis avaliadas, possibilitando obter para o primeiro país um modelo matemático capaz de explicar 88 % das emissões per capita de CO₂ apenas levando em conta o percentual do território nacional destinado as atividades agropecuárias. Tal fato é reflexo de uma política agrária expansionista que, através da supressão total de extensas áreas nativas, com predominância do uso de queimadas neste processo, buscava obter novos espaços para a produção de *commodities* agrícolas, como soja e carne bovina, produtos estes valorizados no mercado nacional e internacional devido à expansão da demanda mundial. Para os demais membros do bloco econômico considerado, não se obteve relações significativas, principalmente devido aos seus processos de colonização e recente industrialização da economia.

Palavras-chave: Aquecimento Global. Política Econômica. Desmatamento.

¹ Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail eduardogasparin@gmail.com

² Licencianda em Química da UTFPR -Universidade Tecnológica Federal do Paraná

³ Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR

ABSTRACT

The growing increase in pollutant emissions worldwide is a relevant issue and should be studied and understood, mainly due to the direct and indirect harmful effects on human health. The present study aims to analyze the situation of MERCOSUR countries, analyzing possible mathematical relationships between the per capita CO₂ emission and the percentage of the territory destined to agricultural activities, seeking to represent it by means of a statistical model. The use of historical series, obtained from prestigious national and international sources, concepts of correlation and regression analysis, it was concluded that for Brazil and Paraguay, there is a near perfect correlation among evaluated variables making it possible to obtain for the first country a mathematical model capable of explaining 88% of per capita CO₂ emissions taking into account only the percentage of the national territory destined to agricultural activities. This is a reflection of an expansionary agrarian policy which, through total suppression of extensive native areas, predominantly by burnings, sought to obtain new spaces for the production of agricultural commodities, such as soybeans and beef, enriching national and international market due to the expansion of world demand. For the other members of the economic block, there were no significant relationships, mainly due to their colonization processes and recent industrialization of the economy.

Key words: Global Warming. Economic Policy. Deforestation.

¹ Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail eduardogasparin@gmail.com

² Licencianda em Química da UTFPR -Universidade Tecnológica Federal do Paraná

³ Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR

1 INTRODUÇÃO

O aumento da concentração global dos gases de efeito estufa, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), colabora para a alteração do balanço da entrada e saída da energia proveniente da radiação solar no sistema Terra-atmosfera, propiciando elevação da temperatura média do planeta e do nível do mar, afetando também a distribuição de chuvas. (CHAVES et al., 2017).

As florestas tropicais e temperadas têm importante papel diante das mudanças climáticas, atuando como sumidouro das emissões de carbono atmosférico, por meio do processo de fixação deste (SCHIKOWSKI; CORTE; SANQUETTA, 2015). De acordo com o INPE (2001), estima-se que, na década de 1980, esse sumidouro foi responsável por retirar da atmosfera 1,9 giga tonelada de carbono por ano.

Porém, em razão do uso indiscriminado das queimadas no desmatamento, as áreas florestais acabam liberando grandes quantidades de CO₂ para a atmosfera. A fumaça decorrente da queima de biomassa em ambientes abertos produz efeitos danosos sobre a saúde, ligados ao sistema respiratório, e o bloqueio dos raios ultravioletas A e B, provocando aumento significativo de microrganismos patogênicos no ar e na água, aumento de larvas de mosquitos transmissores de doenças e a redução da fotossíntese, que por sua vez afeta a produtividade das culturas agrícolas (ARBEX et al., 2004; DE CASTRO et al., 2016)

Políticas de expansão agrícola através de abertura de novas áreas cultiváveis foram bastante comuns na história recente dos países pertencentes ao MERCOSUL. Destacam-se neste meio Brasil e Paraguai, países em que, durante a segunda metade do século XX, ocorreram regimes militares. Estes governos, fortemente apoiados em potências internacionais capitalistas, procuraram fortalecer o papel econômico das exportações de produtos primários, como o caso de *commodities* agrícolas (FIGUEREDO; FILIPPI, 2005).

A conversão de terras ocupadas por florestas nativas em terras produtivas foram uma grande marca deste período. O programa de “Conquista do Leste” se desenvolveu como uma estratégia do governo paraguaio para a abertura e colonização de terras ao leste e norte do país, coincidindo com a política do governo brasileiro de concessão de grandes áreas públicas ao capital privado para conseqüente desmatamento e atividade agropecuária (FIGUEREDO; FILIPPI, 2005).

Diferentemente dos países anteriormente citados, os processos de ocupação e conversão de terra nativa em meio produtivo da Argentina e Uruguai foram diferenciados. O bioma dos Pampas, predominante nestes países, permitiu uma conversão rápida e até mesmo direta, de

áreas nativas em grandes pastagens e lavouras, fazendo com que na metade do século 19, a Argentina se destacasse internacionalmente pelo grande complexo cárneo e de grãos (FAVERO, 1996).

A Venezuela, importante membro do bloco econômico, concentra suas atividades na área petrolífera desde que fora descoberto em 1928, com grandes montantes investidos na exploração deste recurso, em especial durante a década de 1970, quando o aumento do valor do petróleo no mercado internacional, propiciou a este país uma forte expansão econômica. No entanto, como descrito por RIBEIRO (2015), a *commodity* tão abundante desestabilizou a economia Venezuelana, resultando recentemente em desordem econômica e social, levando à sua suspensão do MERCOSUL, na data de 5 de agosto de 2017 (BAZZO; FRANCO, 2017). Com este fato pesando na decisão de desconsiderá-la no estudo.

O presente artigo objetiva apresentar um modelo matemático que possa explicar as taxas de emissão de CO₂ através do percentual de área agricultável dos países da América Latina, tendo como base os países componentes do MERCOSUL, levando em consideração os dados de avaliações nacionais das agências de monitoramento espacial e terrestre nacionais, e os históricos fundiários, políticos e culturais de cada nação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados referentes às variáveis: “Percentual de Terras Cultiváveis” e “Emissão de CO₂ per capita”, correspondentes ao período compreendido entre os anos de 1961 a 2014, dos países membros do Mercosul, Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai. Foram coletados através do site do *World Bank*, instituição esta que busca agrupar o maior número de dados para a acesso livre, objetivando através do apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, reduzir a pobreza no mundo.

Os dados e informações sobre o desmatamento na Amazônia Legal foram obtidos em PRODES (2018), que por meio de monitoramento por satélite do corte raso da vegetação nativa e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento da região, disponibilizando estas por meio do seu site. Os dados referentes à área destinada as atividades agrícolas em cada região, a produção de soja e milho foram obtidas na base de dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2018). As séries históricas referentes ao número cabeças de bovinos, galináceos e suínos foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017). E, por fim, os dados históricos referentes ao setor sucroalcooleiro no Brasil foram coletados do Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia do Ministério da Agricultura,

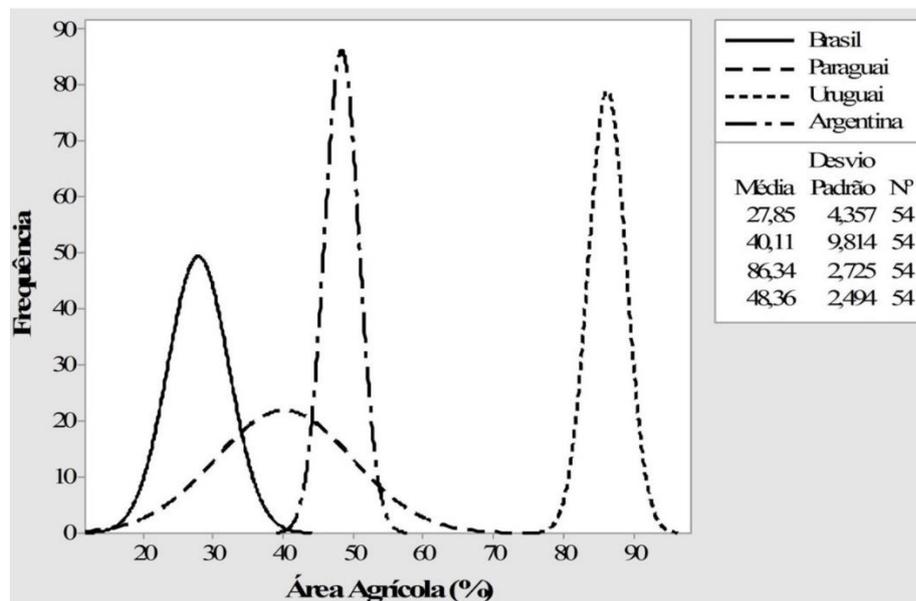
Pecuária e Abastecimento – MAPA (2007) e complementadas com os dados obtidos em CONAB (2018).

Após coletados, os dados foram reorganizados e utilizou-se análise exploratória e Análise de Regressão entre as variáveis estudadas. Para a realização utilizaram-se o *software* Minitab 18 e o *Microsoft Office Excel*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivando compreender a evolução das variáveis analisadas nos países estudados, bem como a relação entre estas e eventos históricos importantes do período abrangido pelos dados, realizou-se a análise dos dados em duas etapas, a primeira caracterizada pelo uso de histogramas e séries temporais, ferramentas estas que permitem obter graficamente importantes informações sobre os dados disponíveis e, em seguida, realizou-se a análise de correlação, na qual objetivou-se quantificar a relação matemática entre as variáveis por meio de uma equação matemática.

Figura 1 – Histograma do percentual da área territorial destinada às atividades agrícolas



Onde: Média: valor médio da série de dados do país; Desvio Padrão: Desvio padrão da série de dados; Nº: número de anos da série histórica.

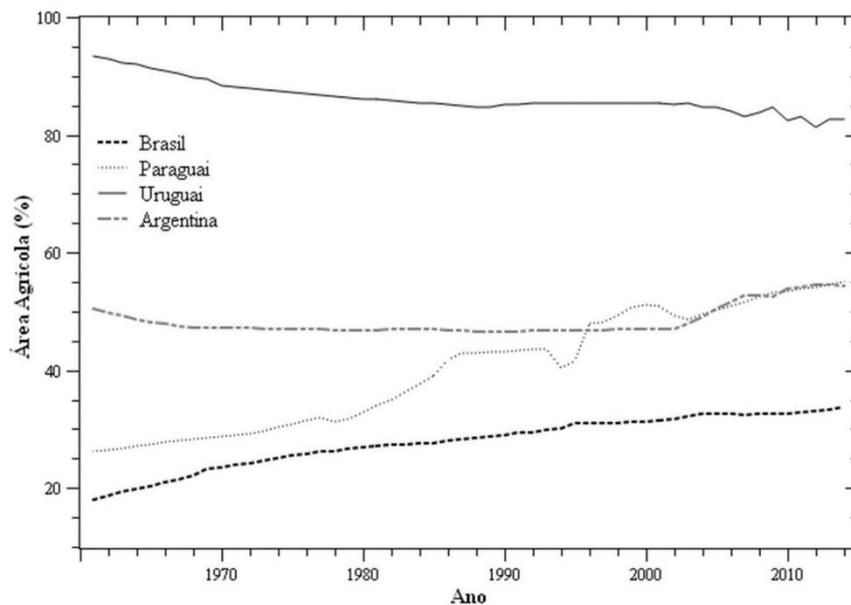
A análise da distribuição dos dados por meio do histograma (FIGURA 1) permite observar dois grupos distintos de países. O primeiro, com maior média, composto por Argentina

e Uruguai apresentam distribuição leptocurtica dos dados históricos e pequeno desvio padrão, comprovando a inexistência de mudanças profundas no percentual da área territorial destinada as atividades agrícolas, fato este justificado pelo processo de colonização e do tipo de vegetação pampa predominante. A evolução anual desta variável, Figura 2, mostra que em ambos os países houve redução do percentual agricultável durante toda metade superior do século 20, com uma breve expansão no início do século 21, principalmente na Argentina.

Com comportamento distinto, Brasil e Paraguai apresentam distribuição platicúrtica dos dados anuais e elevados desvios padrões, Figura 1, demonstrativos estes de profundas alterações no percentual da área destinada as atividades agrícolas durante o período do estudo. Como também pode ser observado pela Figura 2, os quais apresentam uma tendência crescente, diferente do Uruguai que decresce e a Argentina com mudanças próximas da linearidade.

Na Figura 2, é possível observar que o Paraguai dobra sua área destinada a atividades agrícola, fator este relacionado à políticas governamentais como a “Conquista do Leste”. E quando comparado ao Brasil, o Paraguai apresenta maior média e desvio padrão, O que não significa que esse tenha expandido metricamente mais que o Brasil, pois é necessário observar que o território brasileiro é 21 vezes maior, e assim o aumento de uma unidade percentual na área cultivável do Brasil equivale a aproximadamente um quinto de todo território paraguaio.

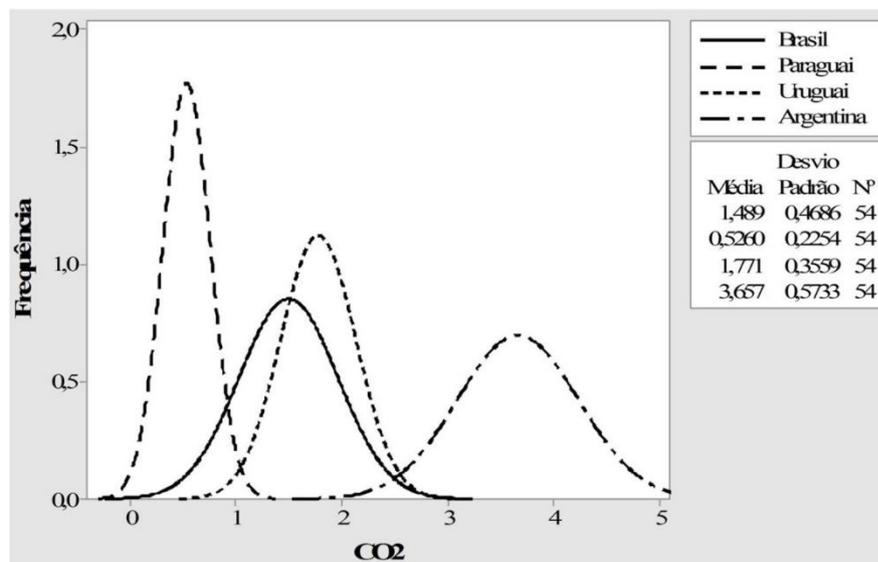
Figura 2 – Evolução do percentual da área territorial destinada às atividades agrícolas, em função do ano



Quando se realizou a correlação entre os fatores ligados à expansão do percentual destinado às atividades agrícolas, encontra-se o desmatamento na região Norte ($r=0,98$), impulsionado pela abertura de novas áreas a produção de carne bovina ($r=0,97$) e de soja ($r=0,94$), e também pela exploração da região centro oeste ($r=0,87$) impulsionado pela expansão das áreas destinadas a plantio de soja ($r=0,99$), cana de açúcar ($r=0,95$) e a produção de carne bovina ($r=0,92$).

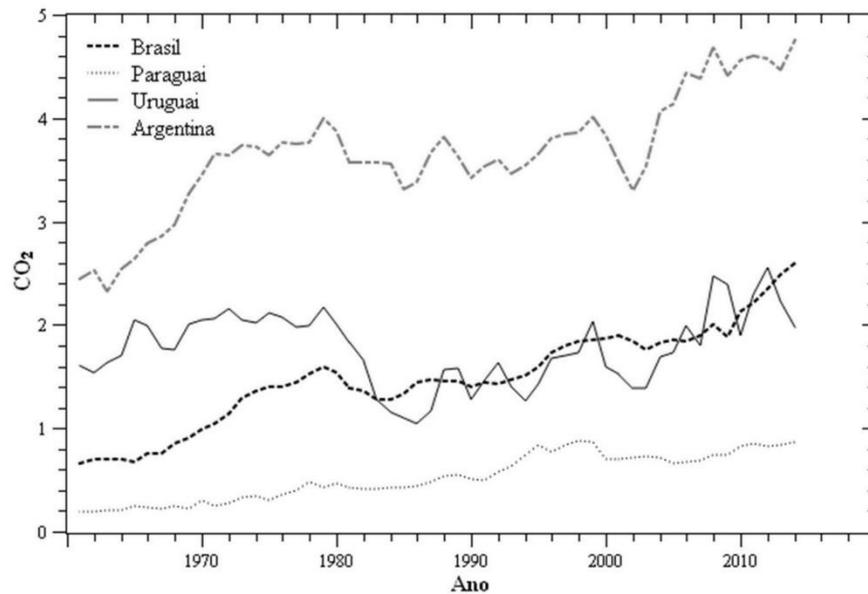
O histograma da Figura 3 mostra a distribuição dos dados relacionados à emissão per capita de CO₂, com a Argentina não apenas apresentando uma média elevada quando comparada aos demais países, como também o maior desvio padrão, resultando em uma tendência platicúrtica da curva relacionada a este país. Este padrão de distribuição dos dados é explicado pela evolução acentuada das emissões durante a década de 1960 e da década de 2000 (FIGURA 4).

Figura 3 – Histograma da emissão per capita de CO₂ dos países estudados



Onde: Média: valor médio da série de dados do país; Desvio Padrão: Desvio padrão da série de dados; Nº: número de anos da série histórica.

Embora Brasil e Uruguai apresentem distribuições dos dados semelhantes, Figura 3, a observância da evolução histórica deste indicador, Figura 4, mostra diferenças significativas entre os países. Enquanto o Uruguai apresentou forte queda na emissão nos anos 1980, voltando ao mesmo patamar gradualmente nas décadas seguintes, ultrapassando-o somente ao final dos anos 2000, o Brasil apresentou crescimento quase constante deste indicador durante todo período do estudo, com breves e esporádicos momentos de redução.

Figura 4 – Evolução da emissão per capita de CO₂ em função do ano

É importante destacar que a evolução contínua na emissão per capita de CO₂ do Brasil, possui forte relação com a utilização de queimadas na supressão da cobertura vegetal nativa para abertura de novas áreas agrícolas, especialmente na região do Norte ($r=0,88$) e na região Centro-Oeste ($r=0,92$).

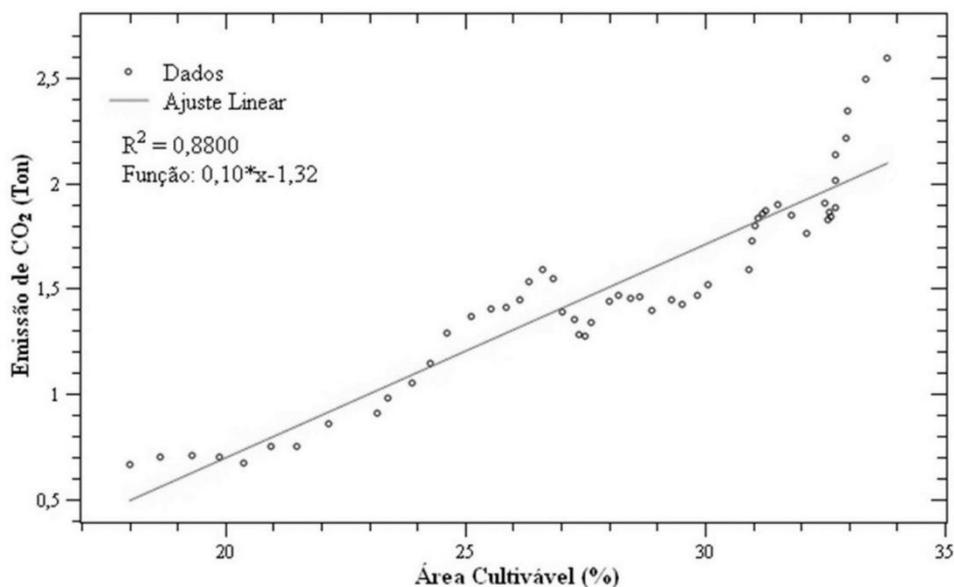
Com menor média e desvio padrão registrado, Figura 1 e Figura 3, o Paraguai apresentou taxas de emissão crescentes para as quatro décadas do século vinte registradas, Figura 4, com uma considerável redução no ano 2000, resultado de uma enfraquecida atividade econômica ao fim de um período de crise financeira que o afetou ao fim dos anos 1990 (SARRIERA, 2008).

Objetivando verificar a existência de correlação estatística da emissão per capita de CO₂ e o percentual de área cultivável, e obtendo se existir, uma equação matemática que possa associar significativamente ambas variáveis, iniciou-se a segunda etapa da análise dos dados.

A Argentina ($r=0,52$) e o Uruguai ($r=-0,04$) não apresentaram correlação significativa entre os históricos do percentual de área destinada às atividades agrícolas e de emissão de CO₂, sendo a evolução desta última variável mais associada aos processos de industrialização da economia e uso intensivo de motores a combustão em veículos e equipamentos. Para o Brasil ($r=0,94$) e o Paraguai ($r=0,94$), constatou-se significativa correlação entre as variáveis estudadas, resultado esperado, pois ambos os países possuem um recente histórico de expansão das atividades agrícolas em seus territórios, convertendo vastas áreas por meio da supressão da vegetação nativa, com frequentes usos de queimadas neste processo.

Evidenciada a relação entre as variáveis analisadas, realizou-se regressão linear entre estas, buscando obter um modelo matemático para previsão da emissão de CO₂ a partir do percentual do território destinado às atividades agrícolas. No Brasil (FIGURA 5) a regressão linear para a comparação teve um coeficiente de determinação, R², de 88,0%, possibilitando a representação da evolução das variáveis através da função linear encontrada.

Figura 5 – Gráfico de Regressão de Área Cultivável x Emissão de CO₂ para o Brasil



Buscando avaliar a qualidade da regressão obtida, realizou-se o teste de hipóteses, resultando em $F > F$ crítico, Tabela 1, evidenciando o bom ajuste da equação encontrada.

Tabela 1. Resultados do teste de regressão

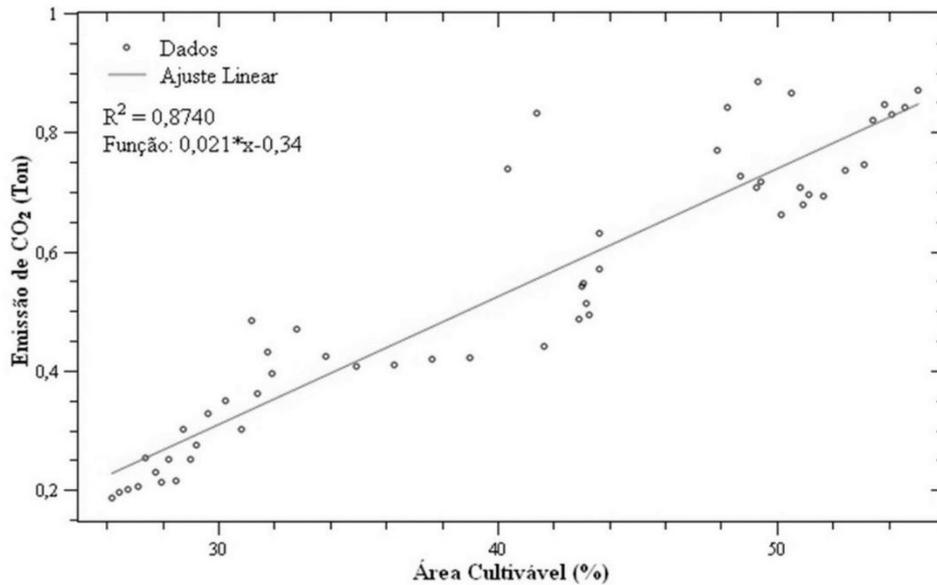
	gl	SQ	MQ	F	F crítico
Regressão	1	10,24	10,24	381,48	1,33E-25
Resíduo	52	1,40	2,69E-02	-	-
Total	53	11,64	-	-	-

Onde: gl: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados; MQ: quadrados médios; F: estatística do teste.

Os resíduos foram testados quanto a independência, normalidade e homocedasticidade, obtendo que estes são independentes, sem, no entanto, se apresentarem normais e nem homocedásticos.

Para o Paraguai, a regressão linear apresentou um coeficiente de determinação (FIGURA 6), R^2 , igual a 87,4%, o que indica uma forte relação estatística entre as variáveis estudadas para o período em que os dados estão disponíveis.

Figura 6 – Gráfico de Regressão de Área Cultivável x Emissão de CO_2 para o Paraguai



Para analisar o modelo obtido, realizou-se o teste de regressão apresentado na Tabela 1, observando o que o $F > F$ crítico, é possível afirmar que a equação linear possui um bom ajuste.

Tabela 2. Resultados do teste de regressão

	gl	SQ	MQ	F	F crítico
Regressão	1	2,35	2,35	360,68	4,8E-25
Resíduo	52	0,34	6,5E-03	-	-
Total	53	2,69	-	-	-

Onde: gl: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados; MQ: quadrados médios; F: estatística do teste

Para continuar as análises, realizou-se os testes de independência, normalidade e homocedasticidade dos resíduos, obtendo que estes são independentes, mas semelhante ao que acontece aos dados do Brasil, não apresentam normalidade e homocedasticidade.

Embora esta avaliação dos resíduos seja fundamental, o não cumprimento de todos os requisitos não invalida o modelo obtido, pois a análise dos dados históricos e da política

econômica, a liberação de CO₂ não advêm de uma única causa, e sim de um conjunto de ações, as quais em países como o Brasil e Paraguai estão fortemente ligados às políticas agrárias.

4 CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho evidenciam que a expansão agrícola no Brasil e no Paraguai possui influência significativa na evolução da emissão per capita de CO₂ destes países.

De maneira distinta, os demais membros plenos do MERCOSUL, Argentina e Uruguai não apresentaram qualquer correlação significativa entre a área agrícola e a emissão de CO₂, fato este justificado com base em seu histórico agrícola e nos processos de industrialização da economia destes no século 20.

Conclui-se também que, embora em países como Brasil e Paraguai, a evolução da emissão de CO₂ está fortemente associada às atividades agrícolas, principalmente ao processo de conversão de áreas nativas em agricultáveis, não se deve considerar este como único fator de influência, mas sim como um sintoma de falha nas políticas desenvolvimentistas aplicadas a este setor de tão grande importância na economia destes países.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. D. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **J bras pneumol**, v. 30, n. 2, p. 158-75, 2004.

BAZZO, G.; FRANCO, M. **Mercosul suspende direitos políticos da Venezuela por “ruptura da ordem democrática”**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/mercosul-suspende-direitos-politicos-da-venezuela-por-ruptura-da-ordem-democratica.ghtml>>. Acesso em: 9 out. 2017.

CHAVES, E. B.; DA SILVA, M. G.; LANDIM, A. A.; BITENCOURT, N. D. F. C.; LONDERO, P.; CARVALHO, A. C. Emissões dos gases de efeito estufa do sistema produtivo do arroz alagado. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 9 fev. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>>. Acesso em 07 jan. 2018.

DE CASTRO, F. R.; BASTOS, D. M. R. F.; LUANA, M. M. S.; NUNES, J. L. S. Impactos das Queimadas Sobre a Saúde da População Humana na Amazônia Maranhense. **Revista de Pesquisa em Saúde**, v. 17, n. 3, p. 141-146, 2016. Disponível em <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/revistahuufma/article/download/5400/4328>>. Acesso em 12 mai. 2017.

FAVERO, C. A. O Mercosul e a Reestruturação da Agricultura: as “Filières” de Cereais e a Exclusão Social. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.13, n.3, p.279-302, 1996.

FIGUEREDO, O. A. T.; FILIPPI E. E. O Paraguai e sua inserção econômica na globalização: o caso da soja. In: **XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**. Anais... Ribeirão Preto, 2005.

INPE. **Estimativa das Emissões de CO₂ por Desmatamento na Amazônia Brasileira**. Relatório Técnico Sintético, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Séries históricas: Efetivo dos rebanhos, 1974 – 2016**. 2017. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?&t=series-historicas>>. Acesso 12 jan. de 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Balanco Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia**. 2007. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-balanco-nacional-da-cana-de-acucar-e-agroenergia-2007/balanco-nacional-da-cana-de-acucar-e-agroenergia-2007.pdf>>. Acesso em 29 dez. de 2017.

MINITAB 18. **A Minitab ajuda as empresas a aumentar a eficiência e melhorar a qualidade através de análises de dados inteligentes**. Disponível em <<http://www.minitab.com/pt-BR/>>. Acesso em 12 mai. 2017.

PRODES. **Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (AMZ)**. 2018. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>>. Acesso em 10 jan. 2018.

RIBEIRO, R. C. **O impacto das instituições frágeis no desenvolvimento: a “maldição” do petróleo na Venezuela**, 8 set. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/134814>>. Acesso em: 9 out. 2017

SARRIERA, J. M.; CUNHA, A. M.; BICHARA, J. S. Moeda Única no Mercosul: uma análise da simetria a choques para o período 1995-2007. In: **Encontro Nacional de Economia**. Anais... Salvador, 2008. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31085/000685274.pdf?sequence=1>>. Acesso em 23 dez. de 2017.

SCHIKOWSKI, A. B.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica do estoque de carbono em Floresta Ombrófila Mista no Paraná utilizando software CO₂fix e simulação de cenário de projeto REDD. **Holos Environment**, v. 15, n. 2, p. 108–115, 2015.

WORLD BANK. **Banco Mundial de dados**. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/>>. Acesso em: 9 out. 2017