

**RELAÇÃO ENTRE AS
ATIVIDADES ECONÔMICAS
E A QUALIDADE AMBIENTAL
NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO
DO PARANÁ**

**CARLOS ALBERTO GONÇALVES JUNIOR
ELIANE APARECIDA GRACIOLI RODRIGUES**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

BRASIL

*“Debemos tener el valor de nuestras opiniones
y la inflexibilidad de nuestros deberes”.*

Robespierre.

Recibido: 25/02/2013

Aceptado: 22/04/2013

RESUMEN

El objetivo de este artículo es identificar las relaciones existentes entre la intensidad y concentración de la actividad económica y las condiciones ambientales en los municipios que conforman el estado de Paraná - Brasil. Primeramente se construye un Índice de Degradación Ambiental – (IDA) utilizando los escores factoriales y el porcentaje explicado por cada factor del análisis factorial *multivariado*. Luego, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para identificar la relación entre el PIB per capita de cada municipio y el índice estimado. Finalmente se usó la auto-correlación de datos espaciales – AEDE para identificar la existencia de un patrón espacial en el índice. Se constató que la correlación matemática entre el PIB *per capita* y el IDA estimado es positiva, o sea, municipios con mayor PIB *per capita* presentan mayor degeneración ambiental. La auto-correlación espacial del índice estimado también fue positiva, indicando un patrón espacial en el IDA estimado. Con los resultados obtenidos se puede constatar que la intensidad y la concentración de la actividad económica contribuyen para la degradación ambiental en los municipios paranaenses.

Palabras-clave: Medio Ambiente; Crecimiento Económico; Análisis Factorial

ABSTRACT

The aim of this paper is to identify the relationship between the intensity and concentration of economic activity and environmental conditions in the municipalities of Paraná in 2009. First built up an Index of Environmental Degradation - IDA, using the factor scores and the percentage explained by each factor of factorial multivariate analysis. Then we used the Pearson correlation coefficient to identify the mathematical correlation between GDP per capita for each municipality and the estimated index. Finally, we used the auto-correlation of spatial data - AEDE to identify the existence of a spatial pattern index. It was found that the mathematical correction between GDP per capita and the rate of environmental degradation estimated is positive, in other words, municipalities with higher GDP per capita have greater environmental degradation. The spatial autocorrelation of the estimated index was also positive, indicating a spatial pattern in IDA estimated. With the obtained results it can be seen that the intensity and the concentration of economic activity contributes to environmental degradation in the municipalities of Paraná.

Keywords: Environment, Economic Growth, Factor Analysis

1. INTRODUÇÃO

O Paraná é um estado que apresenta grande dinamismo na economia brasileira. O Produto Interno Bruto do Paraná cresceu cerca de 220% no período de 2000-2010, passando

de R\$69,131 bilhões para R\$220,368 bilhões. A participação do Produto Interno Bruto-PIB do Paraná no PIB brasileiro no ano de 2010 foi de 6% (IPARDES, 2011).

O Valor Bruto da Produção agropecuária cresceu 51% considerando o período de 1997 a 2009, mesmo com a valorização do real frente ao dólar. O Paraná é o principal estado agrícola do país, apesar de contar com apenas 2,3% da área produtiva nacional é responsável por 24% da safra de grãos, com destaque para o milho e a soja (SEAB, 2011).

Não obstante a aptidão agrícola da economia do Paraná o estado também apresenta destaque na indústria de transformação, comércio e serviços e intermediação financeira. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011), enquanto o PIB da agricultura foi de R\$11,020 bilhões os da Indústria de Transformação e Comércio e Serviços chegaram a aproximadamente 27 bilhões cada um. O grande dinamismo do Paraná nos últimos anos trás resultados satisfatórios para o crescimento econômico do estado, que, segundo o IBGE, apresenta um PIB *per capita* de R\$16.928 e o sexto melhor Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, do Brasil, no entanto, além dos fatores econômicos e sociais, os aspectos ambientais também precisam ser considerados.

Para Pearce e Turner (1989) *apud* Rossato, Lima e Lírio (2007) a relação entre a atividade econômica e o ambiente natural se explicita através de três funções econômicas realizadas pelo meio ambiente, a saber: (1) fornecimento de recursos naturais ao sistema produtivo, (2) assimilador de resíduos e (3) provedor de utilidade diretamente na forma de bem-estar. Nesse contexto, a concentração da população em atividades econômicas sobre o mesmo espaço pode causar alterações negativas na qualidade ambiental dos municípios, principalmente considerando a função econômica e socioambiental do meio ambiente.

Assim a qualidade ambiental é também um fator determinante do bem-estar social, sendo necessária devida atenção as restrições oriundas do sistema natural como limitador do crescimento econômico em função do esgotamento dos recursos e da degradação, principalmente, dos recursos não-renováveis.

Face ao exposto, o presente estudo tem por objetivo principal identificar as associações existentes entre a concentração e a intensidade da atividade econômica e a qualidade ambiental nos municípios do estado do Paraná - Brasil.

Para isso, afóra a essa introdução o presente artigo divide-se em 4 seções. Na segunda seção são levantados alguns aspectos relacionados ao crescimento econômico e ao meio ambiente, a terceira seção traz os aspectos metodológicos utilizados no trabalho, a quarta seção apresenta os resultados obtidos e em seguida são feitas as considerações finais.

2. ECONOMIA E MEIO AMBIENTE

A existência da escassez é uma das mais marcantes características do fenômeno econômico. As Ciências Econômicas vêm centrando sua atenção na alocação ótima dos recursos escassos,

em busca da eficiência econômica e social. Assim a economia do meio ambiente é um ramo da economia que estuda e se preocupa com meio ambiente no seu sentido mais amplo.

As questões ambientais foram inicialmente tratadas pela economia neoclássica, que apresentou duas perspectivas. A primeira refere-se à economia dos recursos naturais, que percebe o patrimônio natural enquanto "fonte provedora de matérias-primas", as quais são processadas nas diferentes atividades econômicas ou consumidas *in natura*. A segunda, economia do meio ambiente, vê o patrimônio natural enquanto "fossa receptora de dejetos", advindos dos processos produtivos e de consumo (DENARDIN, SULZBACH, 2002).

A teoria ambiental neoclássica surgiu a partir do momento em que o *mainstream* econômico se viu forçado a incorporar em seu esquema analítico considerações acerca da problemática ambiental. Isso porque o sistema econômico é visto com a principal fonte de pressão sobre o meio ambiente, sendo necessário, pois, que a análise econômica dominante apresentasse respostas sobre sua relação conflitante com os sistemas naturais, como afirma Andrade (2008). O mesmo autor completa que após o surgimento da escola neoclássica, o obstáculo ao crescimento imposto pelo meio ambiente não mais se coloca, devido à crença na possibilidade de expansão contínua da engrenagem econômica propiciada pelo avanço tecnológico. A tradição neoclássica procurou legitimar cientificamente a convicção de que o sistema capitalista e os padrões de consumo dele decorrentes não seriam bloqueados pelo meio naturais. Ao mesmo tempo em que reconhece a existência de possíveis problemas decorrentes da degradação ambiental, essa escola postula que crescimento econômico extra é capaz de solucioná-los, e também aumentar o bem-estar.

A Economia Ecológica esta corrente percebe o sistema econômico como um subsistema de um todo maior que o contém, impondo uma restrição absoluta a sua expansão. O capital (construído) e o capital natural (recursos naturais) são essencialmente complementares (ROMEIRO, 2003).

A economia ecológica ao contrário da economia ambiental defende o princípio de que o sistema de produção de mercadorias é um sistema aberto, incluído dentro de um sistema maior, o Planeta Terra. Assim as avaliações econômicas de valor não devem estar baseadas somente nos ciclos econômicos, mas também os ciclos biogeoquímicos. Nesse sentido “os ecossistemas não são somente fontes de recursos para atividade econômica, mas também comprem uma gama maior de funções, tanto para o ser humano como para todos os seres vivos que se utilizam dele” (ROCHA, 2004:67).

Outra corrente de pensamento econômico que trata das questões ambientais é a Institucionalista, que trata das questões ambientais relevando o ambiente institucional, através de custos de transação e externalidades, na busca de uma determinada qualidade ambiental.

Nesse contexto o conceito de desenvolvimento sustentável¹, surgiu na segunda metade da década de 1980, inicialmente denominado ecodesenvolvimento, foi elaborado em um momento de controvérsias sobre as relações entre crescimento econômico e meio ambiente, em um cenário onde progresso técnico relativiza os limites ambientais. Nesse contexto, o crescimento econômico é considerado necessário, porém não o único elemento capaz de eliminar a pobreza e as disparidades sociais (ROMEIRO, 2003).

O desenvolvimento sustentável é considerado como uma nova proposta de relação da sociedade e meio ambiente seria uma resposta às propostas do crescimento econômico zero, apresentada de maneira contundente no relatório do Clube de Roma como forma de evitar uma catástrofe ambiental. Como afirma Rocha (2004) o desenvolvimento sustentável emerge nessa conjuntura como uma proposição conciliadora. Reconhecendo os limites ambientais dos ecossistemas e propondo a utilização destes de forma racionalmente sustentável. A seguir aborda-se a questão ambiental e o crescimento econômico.

2.1 CRESCIMENTO ECONÔMICO E QUALIDADE AMBIENTAL

A questão ambiental como prioridades globais, diz respeito ao intenso processo de degradação generalizada do meio ambiente e dos recursos naturais, provocada pela intensificação do crescimento econômico e populacional no século XX.

A relação entre crescimento econômico e o meio ambiente apresenta conflito desde os tempos remotos. Ocorre, porém, que apenas recentemente durante o século XX esses conflitos atingiram dimensões que poderiam pôr em risco a sustentabilidade da vida na terra. As razões para que o século XX tenha manifestado de forma tão contundente o processo endêmico de degradação ambiental são muitas: intensificação da industrialização, explosão demográfica, produção e consumo em massa, urbanização, modernização agrícola, dentre outras (SOUZA, 2000).

O estudo *“People and the planet”* realizado pela britânica Royal Society em preparação a Conferência Rio+20 alerta que as mudanças demográficas que ocorrem no mundo e o consumo sem precedentes que as acompanha colocam o planeta em perigo, o estudo faz crítica ao consumo insustentável de algumas nações industrializadas dos recursos finitos, entre eles alimento, água

¹ Segundo o relatório de Brundtland, elaborado pela comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento, desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.

e energia que ameaçam o bem-estar. A pesquisa defende ainda que a mudança demográfica está pautada pelo desenvolvimento econômico e por fatores sociais e culturais bem como alterações ambientais. Em vários contextos socioeconômicos muito diferentes, se produziu uma transição de alta para baixa natalidade e mortalidade. Nesse sentido os governos também deveriam considerar o potencial da urbanização para reduzir o consumo material e o impacto ambiental por meio de medidas de eficiência, conclui o estudo (ENVOLVERDE, 2012).

O atrito entre crescimento econômico e meio ambiente acarreta em degradação dos recursos naturais renováveis ou não renováveis, poluição ambiental da água, solo, ar, e produtos a serem consumidos, e ainda no aumento da situação de desastres ambientais.

A partir da década de 70 do Século XX, os recursos naturais passaram a tomar parte nas análises econômicas, surgiu então à necessidade do desenvolvimento de uma Ciência Econômica voltada aos aspectos ambientais, considerando os impactos da atividade econômica no meio ambiente. Devido aos efeitos adversos do processo produtivo nos ecossistemas, o ser humano foi alertado acerca da necessidade de se repensar o modelo de crescimento econômico adotado (OLIVEIRA, 2004).

A concentração das atividades industriais e de serviços, acompanhada de um crescimento urbano rápido e desordenado, resultou num processo desigual de ocupação do espaço urbano, gerando como consequência a falta de infra-estrutura necessária para a absorção da população nesse espaço (BERTÊ 2004 *apud* ROSSATO, LIMA, 2007).

A questão ambiental apresenta-se então como prioridade no âmbito das discussões sobre desenvolvimento sustentável em função do conjunto de problemas ambientais que estariam associados ao processo de crescimento econômico e populacional, concentração industrial e urbanização. No conjunto dos problemas ambientais são elencados como principais problemas: a poluição, efeito estufa, mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio. Além da degradação dos recursos naturais renováveis, incluindo extinção de espécies, desmatamento, degradação do solo e da água além dos recursos não renováveis como as fontes de energia. Esses problemas têm consequências que tomam dimensões expressivas quando considerados em relação ao espaço, tempo e o processo econômico, ou seja, suas características têm efeitos locais e também globais, afetam a população e os agentes econômicos, problemas como os efeitos da poluição do ar e da água são sentido pela população local, todavia, há consequências globais, como efeito estufa.

Outro aspecto importante em relação aos problemas ambientais é que esses podem ter efeitos econômicos e não econômicos, sendo os primeiros aqueles que podem ser materializado na forma de custo prejuízos e os não econômicos seriam refletidos na qualidade de vida.

Neste sentido Souza (2000) afirma que a teoria econômica tradicional parte do pressuposto que indivíduos derivam de utilidades do consumo de bens materiais e imateriais produzidos pelo

homem e que compõem o produto da economia. Assim sendo a economia ambiental argumenta que os indivíduos também derivam de utilidades dos serviços prestados pelo meio ambiente em seu estado natural, logo a qualidade ambiental é considerada como um bem que propicia utilidade aos indivíduos e, portanto, é tratada como demais bens da economia.

Há um problema econômico envolvendo escolhas em relação ao meio ambiente quando da sua utilização, como argumenta Souza (2000), o autor observa que no conjunto de bens e serviços, ou seja, bens produzidos pelo homem e serviços ambientais quando a utilização de um deles limita ou reduz a possibilidade de utilização do outro, ou seja, quando a disponibilidade de bens e serviços produzidos pelo homem reduz a qualidade ambiental ou quando a qualidade ambiental é alcançada com perdas na disponibilidade ou aumento dos custos de bens e serviços produzidos. Neste caso ter-se-ia uma escolha quanto admitir de perda da qualidade ambiental para produção de bens ou quanto da produção de bens seria sacrificada para manter qualidade ambiental.

Assim o resultado da degradação ambiental é visto como um conjunto de ações e processos impactantes sobre o meio ambiente que, não respeitando a capacidade suporte ou aptidão, acarreta o comprometimento dos recursos naturais e, conseqüentemente, a qualidade de vida.

Conforme pode-se perceber, as correntes de pensamento anteriormente citadas tratam das relações existentes entre a atividade econômica e a qualidade ambiental, o que ressalta a importância das pesquisas que contemplem essa seara.

Após sucinta exposição acerca dos aspectos teóricos que envolvem a presente pesquisa, faz-se necessária a descrição dos aspectos metodológicos utilizados, o que será objeto da próxima seção.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para melhor entendimento dos aspectos metodológicos utilizados, a descrição do mesmo seguirá a seguinte ordem, primeiramente será apresentado o tratamento dado às variáveis que irão compor o “Índice de Degradação Ambiental”; em seguida será apresentado o método da análise fatorial multivariada utilizado para construção do índice; posteriormente será utilizado o coeficiente de correlação de Pearson para identificar a existência de correlação matemática entre o índice e o PIB Per capita de cada município. E por fim, a Análise Exploratória de dados Espaciais utilizada para verificar a existência de um padrão espacial no índice calculado.

No intuito de atender ao objetivo proposto primeiramente construiu-se o “Índice de Degradação Ambiental”. Esse índice pode ser considerado uma proxy da degradação ocorrida no meio ambiente nos municípios do Paraná. No entanto, devido à dificuldade em coletar variáveis dessa natureza no Estado, pode-se incorrer em algumas distorções².

Para a construção do índice foram selecionadas variáveis que permitissem abranger vários aspectos relacionados às condições ambientais no estado do Paraná, a partir das estatísticas

² Por exemplo, alguns municípios não possuem tratamento de esgoto, para esses utilizou-se o maior valor da relação habitante/atendimento em esgoto encontrado para os municípios que tinham esgoto.

disponíveis. O critério utilizado para a seleção das variáveis foi baseado no pressuposto de que a concentração da população e a realização de atividades econômicas sobre o mesmo espaço pode causar alterações negativas na qualidade ambiental dos municípios, principalmente no que diz respeito ao fornecimento de recursos naturais e à assimilação de resíduos gerados.

As variáveis selecionadas para o presente estudo foram: número de Licenças Ambientais ativas /número de habitantes; Grau de urbanização; Densidade Demográfica; Frota de veículos/ Número de Habitantes; Habitantes/Atendimentos de Esgoto e o Consumo de Água/Habitantes, sendo todos os dados referentes aos 399 municípios do Estado do Paraná, para o ano de 2009. Em todas as variáveis citadas, quanto maior o seu valor, maior a possível degradação ambiental.

Após a coleta dos dados, buscou-se através da Análise Fatorial Multivariada a redução das dimensões das variáveis em fatores, a estimação das cargas fatoriais e a construção do referido índice. A análise multivariada é uma técnica de estatística multivariada que estabelece relações de interdependência entre as variáveis e tem como objetivo a identificação de dimensões de variabilidade comuns existentes em um conjunto de fenômenos.

Para Bezerra (2007) a análise fatorial é útil na redução do número de variáveis a serem consideradas em uma pesquisa, sumarização de dados permitindo a escolha de uma ou mais variáveis significativas para ser objeto de avaliação e acompanhamento. O intuito é encontrar estruturas existentes, mas que, diretamente, não são observáveis, essas estruturas são chamadas de fatores.

Resumidamente, a análise fatorial tem como um de seus principais objetivos a descrição de um conjunto de variáveis originais através da criação de um número menor de dimensões, ou fatores.

Para Melo e Parré (2007) a análise fatorial pode ser realizada através do método de componentes principais que faz com que o primeiro fator contenha o maior percentual de explicação da variância das variáveis, o segundo fator contém o segundo maior percentual e assim sucessivamente.

De acordo com Bezerra (2007) o modelo matemático da análise fatorial pode ser expresso como:

$$X_i = \alpha_{i1}F_1 + \alpha_{i2}F_2 + \alpha_{i3}F_3 + \dots + \alpha_{ij}F_j + e_i$$

Onde os X_i são as variáveis padronizadas, α_i são as cargas fatoriais, F_j são os fatores comuns não relacionados entre si e o e_i é um erro que representa a parcela de variação da variável i que é exclusiva dela e não pode ser explicada por um fator e nem por outra variável.

As cargas fatoriais são valores que medem o grau de correlação entre a variável original e os fatores. O quadrado da carga fatorial representa o quanto do percentual da variação de uma variável é explicado pelo fator, quanto maior a carga fatorial, maior a relação da variável

³ Conforme define a Resolução 237/97 do CONAMA entende-se por licenciamento ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

com o fator.

Os fatores, por sua vez, poderiam ser estimados por uma combinação linear das variáveis originais. Assim, tem-se:

$$F_j = w_{j1} X_1 + w_{j2} X_2 + w_{j3} X_3 + \dots + w_{ji} X_i \quad (2)$$

Onde F_j são os fatores comuns não relacionados, w_{ji} são os coeficientes dos escores fatoriais e X_i são as variáveis originais envolvidas no modelo.

O escore fatorial é um número resultante da multiplicação dos coeficientes w_{ji} pelo valor das variáveis originais. Quando existe mais de um fator, o escore fatorial representa as coordenadas da variável em relação aos eixos, que são os fatores.

O fator é o resultado do relacionamento linear entre as variáveis e que consegue explicar uma parcela de variação das variáveis originais. Em outras palavras significa dizer que a análise fatorial agrupa algumas variáveis observáveis em um fator não diretamente observável.

Para Bezerra (2007) os fatores podem ser escolhidos por dois critérios, o do autovalor (*eigenvalue*) ou da porcentagem da variância. O autovalor corresponde a quanto o fator consegue explicar da variância, ele pode ser calculado através dos quadrados das cargas fatoriais de cada variável associada ao fator específico. Por esse critério, apenas fatores com autovalor superiores a um são escolhidos.

O critério de escolha baseado na porcentagem da variância utiliza-se da definição dos fatores, que é o percentual de explicação da variância. Utilizando esse critério o pesquisador determina quantos fatores devem ser utilizados através do percentual da variância que ele considera adequado para sua pesquisa. Por exemplo, se o pesquisador acredita que seu trabalho deve ser realizado com no mínimo 85% da variância explicada, então o número de fatores a serem escolhidos será aquele que permita explicar esse percentual de variação.

Para aumentar o poder de explicação da análise fatorial pode-se utilizar a técnica de rotação dos fatores. As cargas fatoriais podem ser representadas como pontos entre eixos (que são os próprios fatores), esses eixos podem ser girados sem alterar a distância entre os pontos, todavia, as coordenadas do ponto em relação aos eixos são alteradas, aumentando o poder de explicação da análise (BEZERRA, 2007).

Existem diversos métodos para rotação dos fatores que permitem obter fatores com maior potencial de interpretabilidade, entre eles, Varimax, Quartimax, Equimax, Promax. O presente artigo utiliza o método de rotação Varimax para aumentar o poder de explicação da análise.

De acordo com Melo e Parré (2007) no modelo de análise fatorial há uma medida de adequação dos dados chamada *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). Essa medida consiste na soma dos quadrados das correlações de todas as variáveis dividida por essa mesma soma acrescentada da soma dos quadrados das correlações parciais de todas as variáveis. O KMO examina o ajuste

dos dados utilizando simultaneamente todas as variáveis em uma escala entre 0 e 1. Valores abaixo de 0,5 são considerados inadequados, entre 0,51 e 0,7 são regulares e acima de 0,7 são considerados bons.

Outro teste necessário para a realização de uma análise fatorial é a esfericidade de Barlett ou *Barlett Test of Sphericity* (BTS). O BTS testa a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, que não há correlação entre as variáveis.

De acordo com Melo e Parré (2007) os escores fatoriais possuem distribuição normal com média zero e variância unitária, com isso, podem indicar a posição relativa de cada observação considerando o conceito expresso pelo fator. Logo, pode-se utilizar a matriz dos escores fatoriais para construir um índice e hierarquizar as observações com isso, conforme já utilizado para a construção do índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses por Parré e Melo (2007) foi possível a construção do “Índice de Degradação Ambiental” através da equação 3:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^2 w_i F_i}{\sum_{i=1}^2 w_i} \quad (3)$$

Sendo B o Índice de degradação ambiental bruto; w_i a proporção da variância explicada por cada fator; F_i os escores fatoriais.

Posteriormente, estimou-se o coeficiente de correlação de Pearson r entre o PIB per capita (representando o crescimento econômico) e o índice de degradação ambiental interpolado, com valores de 0 (para o menor) e 100 (para o maior), conforme a Equação 4:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \quad (4)$$

Em que x é o PIB per capita; y é o índice de degradação ambiental e n é o número de municípios do Paraná.

Finalmente buscou-se um padrão espacial para o índice estimado, através da Estatística I de Moran, Equação 5.

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \cdot \frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

Em que n é o número de unidades espaciais, y_i é o índice de degradação ambiental, w_{ij} é o peso espacial que mede o grau de interação do par de unidades espaciais i e j .

A estatística *I de Moran* tem um valor esperado de $-[1/(n-1)]$, isto é, o valor que seria obtido se não houvesse padrão espacial nos dados. O valor calculado de *I* deveria ser igual a seu valor esperado, dentro dos limites da significância estatística, se y_i é independente dos valores de y_j nas regiões vizinhas. Valores de *I* que excedem $-[1/(n-1)]$ indicam autocorrelação espacial positiva (similaridade entre os valores do atributo estudado e a localização espacial do atributo). Valores de *I* abaixo do valor esperado sinalizam uma autocorrelação negativa (dissimilaridade entre os valores do atributo estudado e a localização espacial do atributo).

No entanto, ao contrário de um coeficiente de correlação ordinário, essa estatística não é centrada em zero. À medida que o número de regiões aumenta, o valor esperado da estatística *I de Moran* aproxima-se de zero. Como um coeficiente de correlação ordinário, tal estatística varia entre -1 e $+1$. Dessa forma, a estatística *I* assemelha-se a um coeficiente de correlação, porém, não é idêntico a ele.

De acordo com Anselin (2005) existem outros métodos que visam complementar o *I de Moran*, como o diagrama de dispersão de Moran e as estatísticas LISA (Indicadores Locais de Associação Espacial).

Para Almeida (2006) o diagrama de dispersão é uma ferramenta gráfica do *I de Moran*. Ele representa o coeficiente de regressão e é visualizado pela inclinação da curva de regressão. O diagrama de dispersão permite que os dados sejam visualizados em quatro quadrantes.

No quadrante superior à direita, encontram-se os dados com distribuição Alta-Alta. Regiões onde o valor do atributo estudado é alto próximo de regiões onde o valor atributo estudado também é alto.

No quadrante inferior à esquerda estão os dados com distribuição Baixa-Baixa. Regiões onde o valor do atributo estudado é baixo, próximo de regiões onde o valor do atributo estudado também é baixo.

De acordo com Almeida (2006) caso as observações se encontrem majoritariamente nesses dois quadrantes citados, existe autocorrelação espacial positiva do atributo estudado entre as regiões analisadas.

No quadrante inferior à direita estão dispostos os dados com distribuição Baixa-Alta, isto é, regiões onde o valor do atributo estudado é baixo próximo de regiões onde os valor do atributo estudado é alto. E, finalmente no quadrante superior à esquerda, estão os dados com distribuição Alta-Baixa. Regiões onde existe um baixo índice do atributo estudado, próximo de regiões com alto índice do atributo estudado.

Segundo Almeida (2006) o padrão global de associação linear espacial, fornecido pelo *I de Moran* pode estar ou não em consonância com padrões locais. Nesse contexto pode haver duas situações distintas. A primeira situação ocorre quando a ausência de autocorrelação espacial global oculta padrões de associação espacial local (instabilidade local). A segunda situação ocorre quando uma forte indicação de autocorrelação espacial global camufla padrões locais de associação (*clusters* ou *outliers* espaciais).

Destarte, a utilização do I de Moran local pode solucionar esse problema, pois pode capturar padrões lineares de associação local estatisticamente significativos. O I de Moran local faz uma decomposição do I de Moran global, indicando a contribuição local de cada observação nas quatro categorias descritas no diagrama de dispersão de Moran.

O I de Moran local fornece uma indicação do nível de agrupamento dos valores similares em torno da vizinhança de uma determinada observação. Identifica clusters espaciais, estatisticamente significativos. O I de Moran local para uma variável y na unidade espacial i pode ser expresso na Equação 6 como:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\frac{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (6)$$

Em que, y_i e y_j são variáveis cuja somatória sobre j é tal que apenas os vizinhos $j \in J_i$ são incluídos. (J_i é um conjunto que abrange os vizinhos da observação i , definidos conforme uma matriz de pesos espaciais).

Para Anselin (2005) a matriz de pesos espaciais mencionada é essencial para mensurar o “grau de proximidade” entre as regiões. Essa medida pode ser associada à distância entre as regiões ou a fronteiras regionais. No caso do presente estudo utilizouse a matriz de pesos espaciais “Rainha” que, semelhante ao jogo de xadrez considera o primeiro vizinho em qualquer direção.

Após a descrição e explanação dos procedimentos metodológicos utilizados, a próxima seção será dedicada à apresentação dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira etapa para a construção do índice de degradação ambiental proposto é a aplicação da análise fatorial por componentes principais nas variáveis selecionadas, seguindo o critério descrito nos procedimentos metodológicos.

A análise fatorial possibilitou a extração de dois fatores com o *eigenvalue* ou autovalor maior que a unidade. Esses fatores sintetizam 6 variáveis originais em explicam 57,32% da variância total das variáveis selecionadas, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Autovalores, Variância Explicada pelo Fator e Variância Acumulada

Fator	Autovalores eigenvalue	Variância Explicada pelo Fator (%)	Variância Acumulada (%)
F1	2,203	36,717	36,717
F2	1,236	20,605	57,322

Fonte: Dados da Pesquisa (2012)

O teste de KMO, que analisa se a amostra é adequada, apresentou valor de 0,592, que segundo os parâmetros já estabelecidos, é um valor considerado razoável. O teste de esfericidade de Barlett⁴ mostrou-se significativo, rejeitando a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade.

A Tabela 2 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades, o que possibilita interpretar quais variáveis compõem cada um dos dois fatores extraídos na análise fatorial.

O Fator 1 está relacionado com as variáveis grau de urbanização (GRAU_URB); Densidade demográfica (DENS_DEM); número de habitantes por unidade de atendimento de esgoto (HAB_ESG) e consumo de água em metros cúbicos por habitante (AGUA_HAB), nesse contexto, pode-se constatar que o Fator 1 está relacionado à variáveis que dizem respeito à concentração populacional nos municípios paranaenses.

Tabela 2: Cargas Fatoriais e Comunalidades

Variáveis	Componente		Comunalidades
	F1	F2	
LICAMB_HAB	-0,218	0,906	0,869
GRAU_URB	0,896	0,051	0,805
DENS_DEM	0,442	0,044	0,197
FROTA_HAB	0,591	0,635	0,753
HAB_ESG	-0,284	0,078	0,087
AGUA_HAB	0,853	-0,030	0,729

Fonte: Dados da Pesquisa (2012)

Também pode-se constatar, a partir da Tabela 2 que o Fator 2 está relacionado com o número de licenças ambientais por habitante (LICAMB_HAB) e com a frota de automóveis por habitante (FROTA_HAB), ou seja, esse fator relaciona-se mais fortemente a variáveis que indicam maior atividade econômica nos municípios do estado. O índice de degradação ambiental - IDA, estimado conforme a equação 3, está apresentado na Figura 1.

⁴ Teste BTS: 539,054 (nível de significância 0,000)

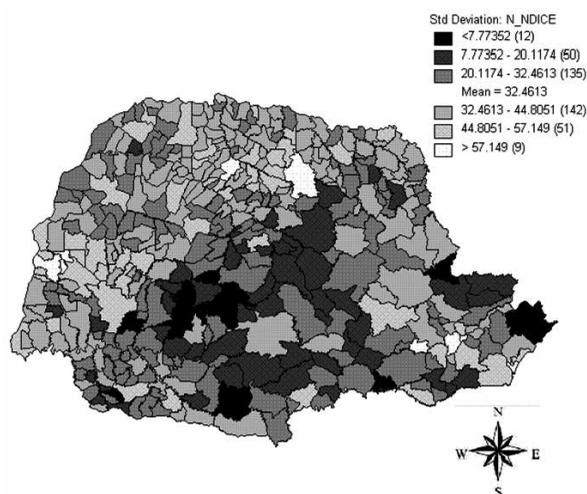


Figura 1: Índice de Degradação Ambiental estimado para os Municípios do Paraná no ano de 2009.

Fonte: Dados da Pesquisa (2012)

Para facilitar a análise considerou-se os municípios com o IDA superior a dois desvios-padrão da média ($>57,149$) como muito alto – MA; os municípios com o IDA superior a um desvio-padrão da média, até dois desvios-padrão ($44,805 < IDA < 57,149$) como Alto – A; os municípios com o IDA entre um desvio-padrão da média, tanto para cima quanto para baixo ($20,117 < IDA < 44,805$) como Médio – M; os municípios com o IDA inferiores a um desvio-padrão da média até dois desvios-padrão ($7,773 < IDA < 20,114$) como Baixo – B; e finalmente os municípios com IDA inferior a dois desvios-padrão da média ($< 7,773$) como Muito Baixo – MB. A lista completa com o IDA de todos os municípios está no Anexo 1.

Conforme a Figura 1 nota-se que, seguindo a classificação descrita no parágrafo anterior, 277 municípios, ou seja, aproximadamente 70% dos municípios paranaenses apresentaram IDA médio, cinquenta e um municípios apresentaram IDA alto e nove municípios apresentaram IDA muito alto, ou seja, acima de dois desvios-padrão da média, sendo eles Curitiba, Pinhais, Maringá, Balsa Nova, Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon, Matinhos, Londrina e Nova Santa Rosa.

Aproximadamente 12,53% dos municípios paranaenses apresentaram IDA baixo e apenas 12 municípios apresentaram degradação ambiental muito baixa, segundo o IDA, são eles: Manfrinópolis, Antônio Olinto, Santa Maria do Oeste, Doutor Ulysses, Catanduvas, Coronel Domingos Soares, Mato Rico, Laranjal, Nova Laranjeiras, Goioxim, Marquinho e Guaraqueçaba.

Conforme já mencionado, o objetivo principal do presente estudo é identificar as relações existentes entre a intensidade e concentração da atividade econômica e as condições ambientais nos municípios do Paraná. O IDA estimado será a *proxy* utilizada para representar as condições ambientais e o PIB per capita a variável utilizada para representar a intensidade

e concentração da atividade econômica. A Figura 2 mostra o PIB per capita dos municípios separados em até três desvios padrão da média.

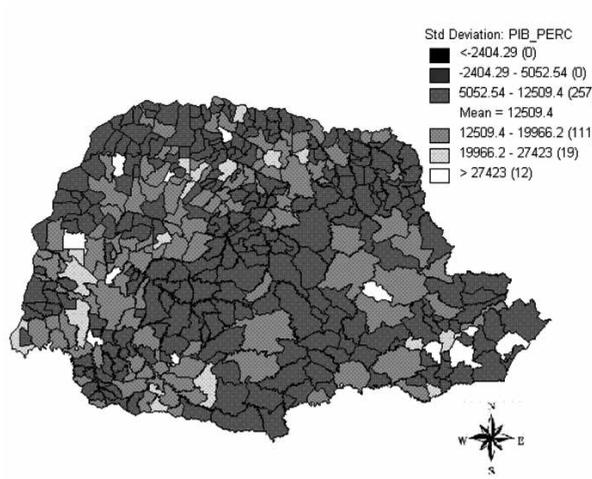


Figura 2: PIB per capita dos Municípios do Paraná no ano de 2009.

Fonte: IPARDES e Dados da Pesquisa (2012)

Conforme mostra a Figura 2 a média dos PIBs per capita dos municípios do Paraná é de R\$ 12.509,40/ano. Essa variável apresenta uma grande dispersão em torno da média, já que o desvio-padrão é de R\$ 7.456,83, logo o coeficiente de variação é de 0,5961, ou seja, o desvio-padrão representa cerca de 60% da média. Nesse contexto, grande maioria dos municípios do Paraná, aproximadamente 92%, apresenta o PIB per capita até um desvio-padrão da média.

Das trinta cidades com maior degradação ambiental, nove estão entre as trinta com maiores PIB *per capita*. Entre elas, Curitiba, Maringá, Toledo, Marechal Cândido Rondon, o que sugere uma correlação entre a intensidade da atividade econômica e a degradação ambiental.

Utilizando-se do coeficiente de correlação de Pearson, conforme descrito nos procedimentos metodológicos encontrou-se correlação positiva entre o IDA e o PIB per capita nos municípios do Paraná, o que indica que quanto maior (menor) a intensidade e concentração da atividade econômica, maior (menor) a degradação ambiental, no entanto, o valor do coeficiente de correlação foi de 0,35, o que sugere uma correlação relativamente fraca.

Após identificar a correlação matemática existente entre o IDA e o PIB per capita, buscou-se identificar a existência de correlação espacial no IDA nos municípios do Paraná. Para identificar essa correlação, utilizou-se o I de Moran global e o I de Moran Local (LISA).

Conforme a Figura 3, o valor do I de Moran Global foi de 0,42, o que indica a existência de correlação espacial positiva para o IDA nos municípios do Paraná, o diagrama de dispersão de Moran mostra a concentração dos dados no quadrante superior à direita e no quadrante inferior à esquerda.

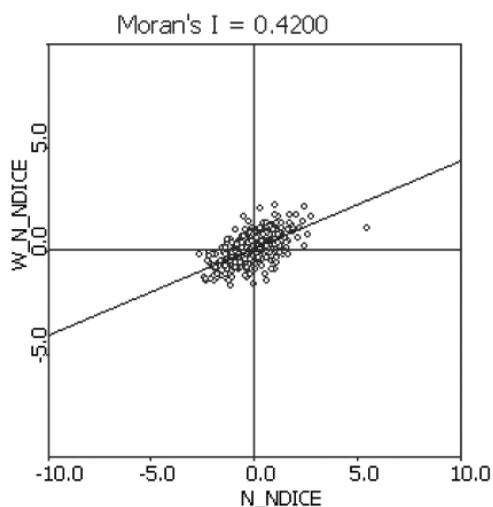


Figura 3: Diagrama de dispersão de Moran para o IDA 2009.

Fonte: Dados da Pesquisa 2012

O padrão global de associação linear espacial, fornecido pelo I de Moran pode estar ou não em consonância com padrões locais. O I de Moran local pode capturar padrões lineares de associação local estatisticamente significativos fazendo uma decomposição do I de Moran Global, indicando a contribuição local de cada observação nas quatro categorias descritas nos procedimentos metodológicos do diagrama de dispersão de Moran. Nesse contexto, o I de Moran local fornece uma indicação do nível de agrupamento dos valores similares do IDA em torno da vizinhança, identificando clusters espaciais estatisticamente significativos, como mostra a Figura 4.

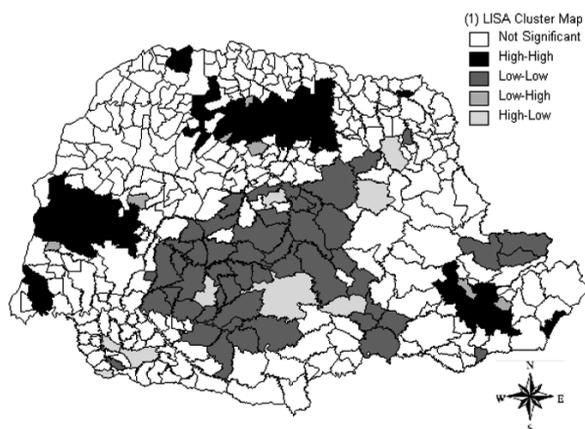


Figura 4: I de Moran Local univariado para o IDA 2009.

Fonte: Dados da Pesquisa 2012

A Figura 4 mostra a existência de alguns *clusters*, principalmente Alto-Alto e Baixo-Baixo para o IDA nos municípios paranaenses. A região central do estado mostra um grande *cluster* Baixo-Baixo, ou seja, um padrão espacial onde existem municípios com baixo IDA cercados por municípios com baixo IDA. A região metropolitana de Curitiba também apresenta um pequeno *cluster* Baixo-Baixo com os municípios de Adrianópolis, Tunas do Paraná e Cerro Azul. A região central, do Estado à exceção do município de Guarapuava, apresenta em sua maioria PIBs per capita abaixo da média do Estado e conforme mostra o mapa são os municípios com menor degradação ambiental, segundo o Índice de Degradação Ambiental.

Uma divisão territorial usada para agrupar os municípios no Brasil são as microrregiões geográficas criadas e definidas pelo IBGE. O estado do Paraná é subdividido em 39 microrregiões. Dessa forma quando analisados os dados por microrregiões os resultados mostram que as Microrregiões de Curitiba, Londrina e Maringá, além das microrregiões de Toledo e Cascavel e os municípios entorno, apresentam PIBs per capita acima da média do Estado, além disso, essas mesmas microrregiões apresentam *clusters* Alto-Alto para o IDA, ou seja, municípios com alto índice de degradação ambiental cercados por municípios com alto índice de degradação ambiental. Para as outras regiões a correlação espacial não foi significativa a $p = 0,05$.

A Tabela 3 mostra o comportamento do IDA nas Mesorregiões paranaenses no ano de 2009. Percebe-se que a Mesorregião Norte Paranaense, a Oeste Paranaense e a Metropolitana de Curitiba são as únicas com IDA considerado muito alto (MA), isto é, dois desvios-padrão acima da média, consequentemente são as mesorregiões que possuem os municípios com maior PIB absoluto do estado, como Curitiba, Londrina, Maringá, Cascavel e Foz do Iguaçu.

Tabela 3: Distribuição do IDA nas Mesorregiões do Paraná no ano de 2009.

MESORREGIÕES GEOGRÁFICAS	MA	A	M	B	MB
Noroeste Paranaense	0	6	54	1	0
Centro Ocidental Paranaense	0	2	21	2	0
Norte Central Paranaense	2	16	53	8	0
Norte Pioneiro Paranaense	0	3	40	3	0
Centro Oriental Paranaense	0	1	11	2	0
Oeste Paranaense	3	14	29	3	1
Sudoeste Paranaense	0	2	30	4	1
Centro-Sul Paranaense	0	0	10	12	7
Sudeste Paranaense	0	1	10	9	1
Metropolitana de Curitiba	4	6	19	6	2
TOTAL	9	51	277	50	12

Fonte: Dados da Pesquisa (2012).

A Mesorregião Centro-Sul Paranaense apresentou o maior número de municípios com IDA muito baixo (MB), ou seja, menos de dois desvios-padrão da média. Essa Mesorregião contempla algumas das microrregiões mais pobres do estado, como a microrregião de Pitanga, Guarapuava e Palmas. A grande maioria dos municípios (277) obteve o valor do IDA dentro do intervalo de um desvio padrão da média, para baixo ou para cima, o que foi considerado na pesquisa como IDA médio.

Dos 399 municípios 51 apresentaram IDA considerado Alto (A), acima de um desvio-padrão e abaixo de dois desvios-padrão da média e 50 municípios apresentaram IDA Baixo (B), abaixo de um desvio-padrão e acima de dois desvios-padrão da média.

Face ao exposto, pode-se inferir que a intensidade e concentração da atividade econômica têm relação direta, tanto matematicamente quanto em termos espaciais, com a degradação ambiental, ou seja, municípios com altos PIBs per capita apresentam altos índices de degradação ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente estudo foi identificar a relação entre a intensidade e concentração da atividade econômica e as condições ambientais dos municípios do estado do Paraná. Para atingir o objetivo proposto construiu-se o IDA – Índice de Degradação Ambiental, no intuito de medir e criar um *ranking* dos municípios estado no que tange as condições ambientais.

Constatou-se que a maioria dos municípios apresenta um Índice de Degradação Ambiental – IDA médio, ou seja, entre um desvio padrão da média, nove municípios apresentaram IDA muito alto (acima de dois desvios-padrão da média) e doze municípios apresentaram IDA muito baixo (abaixo de dois desvios-padrão da média).

Utilizou-se o PIB *per capita* como *proxy* da intensidade e a concentração da atividade econômica nos municípios. Percebeu-se uma correlação positiva, entre o índice de degradação ambiental e o PIB *per capita* indicando que a atividade econômica representada pelo PIB *per capita* está positivamente correlacionada com a degradação ambiental representado pelo índice de degradação ambiental. Porém, essa correlação foi moderada, indicando que outros fatores estão influenciando a degradação ambiental nos municípios do estado além da atividade econômica, ou que a atividade econômica que realmente gera riqueza em termos de PIB *per capita* não está fortemente correlacionada com a degradação ambiental.

A maior limitação da pesquisa está no levantamento de dados relativo às condições ambientais, fazendo com que o índice se torne apenas uma *proxy* da degradação ambiental ocorrida nos municípios do Paraná. No entanto é um primeiro ensaio para construção de uma medida confiável da degradação ambiental que possa ser aperfeiçoado em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. S. (2006) *Curso de econometria espacial aplicada*. Piracicaba: ESALQ-USP.
- ANDRADE, D. C. *Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. Leituras de Economia Política*, Campinas, (14): 1-31, ago.-dez. 2008.
- ANSELIN, L. (2005) *Exploring Spatial Data with GeoDa™: a Workbook*. University of Illinois, Urbana-Champaign.
- BEZERRA, F. A. (2007). Análise Fatorial. (In): CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (Org.). *Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia*. São Paulo: Atlas, p.73:129.
- DENARDIN, V.; SULZBACH, M. (2002) *Capital Natural na Perspectiva da Economia*. I Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS. São Paulo: Disponível em: www.anppas.org.br Acessado em 15/01/2012.
- ENVOLVERDE (2012). *População e meio ambiente*. Disponível em: <http://envolverde.com.br> Acessado em 24 de março de 2013.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em www.ibge.gov.br Acesso em 03 de maio. 2011.
- IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Perfil dos Municípios*. Disponível em www.ipardes.gov.br Acesso em 03 de maio. 2011.
- PARRÉ, J. L.; MELO, C. O. (2007) *Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização*. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 45 p. 329:365.
- ROCHA, J. M da. (2004). A Ciência Econômica diante da problemática ambiental. *Redes*. Universidade de Santa Cruz do Sul. Vol.9, n.3 (set./dez.2004). Santa Cruz do Sul: Editora da UNISC. p.53:74
- ROMEIRO, A. D. (2003) *Economia ou Economia Política da Sustentabilidade*. Economia

do Meio Ambiente. Rio de Janeiro, 2º reimpressão, Elsevier.

ROSSATO, M. V.; LIMA, J. E. (2010) Qualidade Ambiental e Qualidade de vida nos municípios do estado do Rio Grande do Sul: associação e diferenças regionais. Revista de Economia e Sociologia Rural vol.48 nº.3 Brasília Julho/Setembro. Disponível em: www.scielo.br Acessado em: 04/08/2011.

ROSSATO, M.; LIMA, J. E.; LÍRIO, V. S. (2007) *Condições Econômicas e Nível de Qualidade Ambiental no Estado do Rio Grande do Sul*. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina-PR. Anais do XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

SEAB. Secretaria de Agricultura e Abastecimento (2011). Disponível em www.seab.pr.gov.br Acesso em 03 de maio. 2011.

SOUZA, R. S de. (2000). Entendo a questão ambiental: temas de política, política e gestão do meio ambiente. Santa Cruz do Sul: EDUNISC.

CURRICULUM VITAE

Carlos Alberto Gonçalves Junior

Economista. Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio – UNIOESTE. Professor Assistente Curso de Ciências Econômicas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE - Campus de Toledo. Membro do Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Regional e Agronegócio – GEPEC.

carlosalbertojr@hotmail.com

Eliane Aparecida Gracioli Rodrigues

Economista. Mestre em Desenvolvimento Regional pela Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Professora Assistente Curso de Ciências Econômicas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE - Campus de Toledo. Membro do Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Regional e Agronegócio – GEPEC.

eliane.gracioli@gmail.com