



INFLUÊNCIA DAS FRONTEIRAS ENTRE NAÇÕES NOS SEUS INDICADORES SOCIOECONÔMICOS SOB A PERSPECTIVA DA CORRELAÇÃO ESPACIAL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6044

Autores: FÁBIO GERAB, PEDRO AUGUSTO MORAES DE OLIVEIRA

Resumo: Apresenta-se a proposta de um componente curricular optativo que aborda a Estatística Espacial em cursos de engenharia, usando casos e dados reais, aliando Estatística e Computação para desenvolver nos estudantes de engenharia a competência de transformar dados em informações estruturadas e úteis para a compreensão de fenômenos e para a tomada de decisão. A metodologia de ensino baseia-se na modelagem estatística, desenvolvida em laboratório, construída diretamente pelos alunos, pela proposição de problemas originais, com dados reais, demandando uma análise de alta complexidade. A proposta, desenvolvida em um TCC de engenharia, foi exemplificada por um problema envolvendo correlação espacial, utilizando mapas digitais dos diferentes países existentes no globo e seus dados, compilados e disponibilizados pela CIA. Conseguiu-se identificar a dependência espacial entre diversos indicadores socioeconômicos de desenvolvimento de um país com padrões encontrados em seus vizinhos fronteiriços.

Palavras-chave: Educação em Engenharia, Flexibilidade Curricular, Aprendizagem Baseada em Competências, Modelagem Estatística, Estatística Espacial

INFLUÊNCIA DAS FRONTEIRAS ENTRE NAÇÕES NOS SEUS INDICADORES SOCIOECONÔMICOS SOB A PERSPECTIVA DA CORRELAÇÃO ESPACIAL

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia, em suas distintas modalidades, tem um caráter técnico, porém bastante dinâmico, buscando acompanhar as rápidas mudanças tecnológicas em curso. As mudanças decorrentes do uso em larga escala de ferramentas digitais e da possibilidade de armazenamento e de tratamento massivo de dados permitiu o surgimento uma nova área do saber conhecida por Ciência de Dados. A Ciência da Dados (Dhar, 2013) se utiliza de técnicas estatísticas e computacionais avançadas, capazes de transformar dados em informações estruturadas e úteis tanto para a compreensão de fenômenos e processos como para a tomada de decisões racionais que possibilitem ganhos, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais. Ela atua na intersecção entre três grandes áreas do conhecimento, a saber: Questão em estudo; Matemática e Estatística; Computação, permitindo a transformação de um conjunto de dados em um conjunto de informações relevantes para a compreensão do problema estudado. Tais conhecimentos, cada vez mais impactantes, não podem, portanto, estar inacessíveis aos estudantes envolvidos com sua formação em engenharia.

Para além das análises estatísticas convencionais (análises unidimensionais, bidimensionais e multivariadas, paramétricas ou não paramétricas) é possível avançar para o que se entende por Estatística Espacial (Druck, 2004). Em uma abordagem envolvendo Estatística Espacial as informações existentes são agregadas a uma base espacial, em um mapa, seja sobre pontos com referenciamento geográfico, seja por associação destes dados às distintas seções deste mapa, representadas por polígonos, em mapas digitais (Druck, 2004). A construção de polígonos em um mapa, permite estabelecer métricas de vizinhança e de distância entre estes polígonos, na forma matemática de matrizes de distância ou de vizinhança. De posse de um banco de dados estruturado, devidamente associado aos seus respectivos polígonos, polígonos estes associados aos seus vizinhos, em distintas ordens de vizinhança, poder-se-á proceder o cálculo da Correlação Espacial existente para estes dados. Este trabalho se utiliza da estatística denominada de I de Moran (Smith et al, 2007). Tal estatística, permite determinar se uma variável tem ou não correlação espacial com seus vizinhos, estatisticamente significativa, por intermédio de testes estatísticos apropriados. A existência de correlação espacial para uma variável indica a dependência do valor desta variável em um dado polígono com os demais polígonos vizinhos devido a sua proximidade espacial de maneira a medir o quanto um vizinho se assemelha a outro.

O trabalho ora apresentado é uma evolução de um trabalho anterior, apresentado no COBENGE 2023 (Gerab e Oliveira, 2023), que teve, dentre seus objetivos, desenvolver conteúdos a serem discutidos em um novo componente curricular de nome “Estatística Espacial”, a ser ofertado como disciplina optativa para os cursos de engenharia. O componente curricular Estatística Espacial está desenvolvido em ambiente laboratório, fazendo uso de dados reais, de problemas contextualizados, previamente desenvolvidos, abordando os seguintes conteúdos: Visualização de dados espaciais. Análise de vizinhanças e Estatística Espacial; Correlação Espacial, Regressão Espacial e Modelos Espaciais Autorregressivos. Estes problemas estão em processo de construção em trabalhos de Iniciação Científica e em Trabalhos de Conclusão de Curso de estudantes de engenharia, em condições homólogas aos estudantes aptos a cursá-los. Neste trabalho buscou-se, em um Trabalho de Final de Curso, investigar existência de correlação espacial para distintos

indicadores socioeconômicos de países fronteiriços e identificar para quais destes indicadores a existência de fronteiras torna-se relevante.

2 OBJETIVOS E SITUAÇÃO PROBLEMA

Entender os fenômenos mundiais em um cenário Geopolítico, onde as mudanças significativas ocorrem de forma acelerada não é uma tarefa fácil. As fronteiras terrestres atualmente, são pontos cruciais de interação entre nações vizinhas e representam perigos e oportunidades de diversas naturezas, devido as várias questões socioeconômicas entrelaçadas pela proximidade.

O objeto deste estudo é determinar a existência de correlação espacial entre estados nacionais fronteiriços, em escala global, para variáveis socioeconômicas e o impacto na vida dos seus cidadãos, decorrente da existência de uma proximidade física com seus vizinhos, contribuindo para o desenvolvimento do componente curricular Estatística Espacial, ofertado como disciplina optativa para os cursos de engenharia.

3 METODOLOGIA

Entende-se por estatística espacial um conjunto de técnicas estatísticas que expandem as análises estatísticas convencionais (unidimensionais, bidimensionais e multivariadas) por intermédio da utilização da informação de localização espacial associada a cada ponto amostral. Este procedimento pode ser pontual, usando o georreferenciamento de cada ponto amostral individualmente, ou de forma agregada, associando o pertencimento de cada ponto amostral a um determinado polígono, definido em um mapa digital.

Os modelos estatísticos espaciais podem ser, tal como os modelos tradicionais, modelos preditivos, usando modelos de regressão espacial, ou classificatórios. Além disso, a Estatística Espacial permite estudar a existência de correlação espacial, através da estatística I de Moran (Smith et al, 2007) e da construção de Mapas LISA - Local Indicators of Spatial Association (Druck, 2004) de Correlação Espacial. Tais abordagens, permitem, tanto de forma visual, como em uma abordagem inferencial, determinar o quanto uma determinada região é semelhante às suas regiões vizinhas. Esta análise pode ser realizada variável a variável ou utilizando-se de indicadores construídos a partir de um dado subconjunto de variáveis.

As análises de correlação espacial são instrumentos eficientes para se avançar no entendimento das relações entre entes espaciais. Para a melhor compreensão da metodologia empregada neste trabalho, serão apresentados a seguir os seguintes tópicos de análise: The World Factbook; IGISMAP; Concatenação dos dados; Tratamento dos dados; Mapa de Conectividade.

3.1 The World Factbook

Este trabalho fez uso de dados secundários extraídos do The World Factbook (CIA, 2023), publicado pela primeira vez em 1962 e, desde então, atualizado constantemente. Sua produção é feita por analistas da CIA - Central Intelligence Agency estadunidenses que coletam informações de uma variedade de fontes, incluindo governos, organizações internacionais, organizações não governamentais e agências de notícias. Sua abordagem é diferente de outras enciclopédias, pois traz os dados em forma de almanaque. O seu acesso é gratuito e fácil. Nele são encontrados dados de natureza econômica, política e de desenvolvimento humano. Abaixo seguem algumas das informações disponibilizadas pelo The World Factbook em sua versão 2023:

Área territorial; População total; Idade média da população; Taxa de crescimento populacional; Taxa de natalidade; Taxa de mortalidade; Migração líquida; Mortalidade materna; Mortalidade infantil; Expectativa de vida; Taxa de fertilidade; Taxa de obesidade

adulta; Consumo de álcool per capita; Prevalência de tabagismo; Percentual de gastos do PIB em Educação; Produto interno bruto GPD; Taxa de crescimento do GPD; GPD per capita; Taxa de inflação; Taxa de crescimento da produção industrial; Força de trabalho; Taxa de desemprego; Coeficiente de GINI; Dívida pública; Carga tributária; Balança comercial corrente; Exportações; Importações; Reservas em moeda estrangeira; Dívida externa.

Construiu-se uma base de dados relacional, orquestrada por tabelas. Para tanto aplicou-se a técnica de WebScraping do site The World Factbook - CIA utilizando-se o framework Selenium do Python. Webscraping consiste em um processo de raspagem de dados de forma automática e programática, armazenando-os em um repositório de dados (Data Warehouse). O código computacional varreu todo o site através de seu HTML, buscando links disponíveis para download de cada variável, e o nome de cada país. Todas as informações foram armazenadas em um DataFrame e posteriormente exportadas para um arquivo Excel.

3.2 IGISMAP

A fonte de mapas digitais referentes aos estados nacionais foi a plataforma IGISMAP (IGISMAP, 2023) (<https://www.igismap.com/>), que permite o download de diversos mapas digitais no formato Shapefile (.shp), entre eles o Mapa Mundi digital com os polígonos referentes aos estados nacionais reconhecidos.

3.3 Concatenação dos dados

A concatenação de todos os dados em uma única base de dados foi realizada utilizando a função PowerQuery no Excel. Foram empregadas duas técnicas principais para analisar a dependência espacial: o *I* de Moran e o LISA. O *I* de Moran é utilizado para verificar o grau de autocorrelação espacial. Já o Mapa de autocorrelação espacial local (LISA Cluster Map) permite a visualização dos diferentes agrupamentos espaciais da variável de interesse, associados a um conjunto de nações vizinhas que apresentam comportamentos similares para a variável em estudo. O *I* de Moran é construído com base em uma determinada matriz de vizinhança. Neste trabalho, utilizamos uma matriz de vizinhança Queen de ordem 1, de maneira a considerar como vizinhos todos países que fazem fronteira direta entre si em ao menos um ponto.

3.4 Tratamento de dados

A estatística descritiva apontou vários valores faltantes. Para correção destes valores faltantes, foi realizada uma adequada imputação dos dados faltantes. Dada a natureza diversa dos dados e das variáveis, os dados faltantes foram substituídos pela média de sua respectiva variável. Para esta análise foram selecionados os estados nacionais com ao menos um milhão de habitantes, excluindo-se assim unidades autônomas muito pequenas. Após este filtro, 160 estados nacionais se mantiveram na análise. A seguir foram selecionadas as variáveis com informações para a grande parte dos países. Este processo selecionou 21 variáveis com medidas para 160 países, como mostra a Tabela 1.

A transformação dos dados para o padrão do software Geoda (Anselin, 2009, 2023) de análise espacial, utilizado neste trabalho para a análise espacial, definiu como chave primária o nome dos países constantes do arquivo Shapefile do Mapa Mundi digital. Os demais dados, resultantes das junções de dados anteriores para estes países foram, então, importados para o Geoda.

A autocorrelação espacial definida pelo índice de Moran (*I* de Moran) é a forma mais conhecida de se medir a associação espacial entre dados e seus conjuntos, pois encerra a força da autocorrelação espacial (Francisco et al., 2008). O índice baseia-se em um teste cuja hipótese nula reflete a inexistência de dependência espacial (valor próximo a zero). Valores

maiores que zero e até um (0, +1), indicam correlação direta e para valores menores que zero (-1, 0) a correlação é tida como inversa.

3.5 Mapa de Conectividade

Na Figura 1 apresentamos o mapa de conectividade e a distribuição do número de vizinhos definidos pela matriz de vizinhança selecionada. Verifica-se que um elevado número de nações, para esta configuração de matriz de vizinhança, não possui vizinhos. (As fontes de todas as figuras e tabelas deste trabalho são os seus próprios autores)

Figura 1: Distribuição do número de Vizinhos e Mapa de Contiguidade



4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PARTIR DA ESTATÍSTICA ESPACIAL

Os resultados completos para o I de Moran, para as variáveis selecionadas, estão na Tabela 1. Nela é possível observar um elevado grau de autocorrelação espacial para um conjunto grande de variáveis, indicando a presença de correlações espaciais no caso em estudo. A tabela está organizada em ordem decrescente para o I de Moran.

A seguir apresentaremos alguns dos resultados obtidos para as variáveis listadas, seguindo a ordenação da tabela1, bem como os seus respectivos mapas LISA.

Tabela 1: Resultados, por ordem de relevância, para o I de Moran das variáveis selecionadas

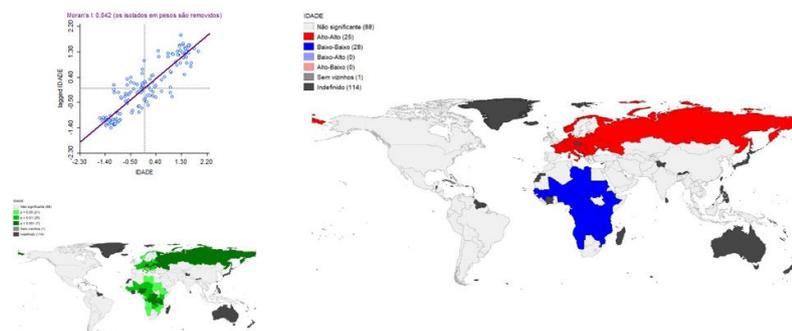
Variável	Descritivo	I de Moran	Rank
Idade média	Idade Média da população (anos)	0,842	1
Natalidade	Taxa de Natalidade (#/1000)	0,798	2
Obesidade	Prevalência de Obesidade em Adultos (% da população)	0,789	3
Fecundidade	Fecundidade (#/mulher)	0,759	4
Crescimento	Taxa de Crescimento Populacional (%)	0,664	5
Álcool	Consumo de Álcool Puro Per Capita (litros)	0,659	6
Mortalidade	Taxa de Mortalidade (#/1000)	0,653	7
Tabagismo	Prevalência de Tabagismo (% da população)	0,650	8
Expectativa de vida	Expectativa de Vida ao Nascer (anos)	0,642	9
GINI	Coeficiente de GINI (0-100)	0,625	10
Mortalidade Infantil	Mortalidade Infantil (#/1000)	0,589	11
Mortalidade Materna	Mortalidade Materna (#/100000)	0,540	12
Desemprego	Taxa de Desemprego (% da população)	0,357	13
Dívida Publica	Dívida Pública (% do PIB)	0,171	14
Educação	Investimento em Educação (% do PIB)	0,146	15
População	População Total (#)	0,145	16
Produção Industrial	Taxa de Crescimento da produção Industrial (%)	0,135	17
PIB Real	PIB Real (paridade de poder de compra - US\$)	0,030	18
Inflação	Taxa de Inflação (%)	-0,003	19
PIB per capita	PIB Per Capita (US\$/habitante)	-0,015	20

Migração	Taxa de Migração Líquida (#/1000)	-0,016	21
----------	-----------------------------------	--------	----

4.1 Idade Média da População

A Variável com maior correlação espacial foi Idade média da População, medida em anos. Na Figura 2, apresentamos o I de Moran, o mapa LISA e o seu respectivo mapa de significância estatística.

Figura 2: Idade Média da População: I de Moran, LISA e significância estatística

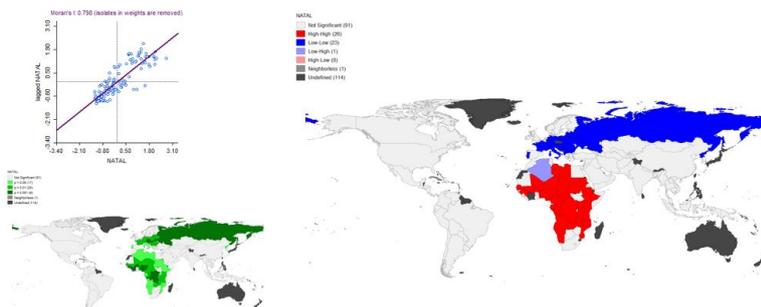


Os resultados apresentados na Figura 2 apontam para uma fortíssima correlação espacial. Elevados valores para as idades médias das populações são encontrados na Europa e na Rússia (área em cor vermelha). Isto é países desta região, com elevadas idades médias populacionais, tem seus vizinhos com também altas idades médias dos seus respectivos cidadãos. O oposto se verifica na região da África Central (área em cor azul), onde nações com populações jovens estão próximas de outras nações que também apresentam populações jovens. A intensidade da cor verde nos mapas menores indica a intensidade da significância estatística da correlação espacial.

4.2 Taxa de Natalidade

A variável Taxa de natalidade (Figura 3) apresenta um padrão bastante similar à variável Idade Média da População, porém, com correlações invertidas. A região da Europa e Rússia apresenta uma baixa Taxa de Natalidade, enquanto a região central da África apresenta uma elevada Taxa de Natalidade. Nota-se que para uma grande parcela dos países a correlação mostrou-se não significativa (área em cor cinza). Tal comportamento pode ser entendido como uma ausência de influência espacial determinante para a variável em estudo. Isto é, para este conjunto de países, um país com uma dada Taxa de Natalidade pode avizinhar-se tanto de países com elevada Taxa de Natalidade como de países com baixa Taxa de natalidade, ou mesmo de países com Taxas de Natalidade medianas. Portanto, regiões em vermelho (correlação alta-alta) e em azul (correlação baixa-baixa) sinalizam conjuntos de países com comportamentos destacados e comuns para a variável em análise.

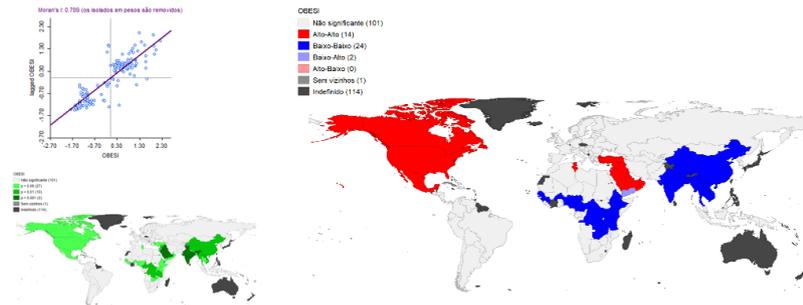
Figura 3: Taxa de Natalidade da População: I de Moran, LISA e significância estatística



4.3 Prevalência de Obesidade em Adultos

A Figura 4 revela uma informação interessante. Altas prevalências de obesidade em adultos estão associadas à América do Norte e ao Oriente médio. Enquanto baixas incidências estão concentradas na região central da África e no sul da Ásia. Estes resultados remetem à questionamentos pertinentes à disponibilidade alimentar, aos padrões culturais de consumo alimentar, à qualidade alimentar e às heranças genéticas majoritárias.

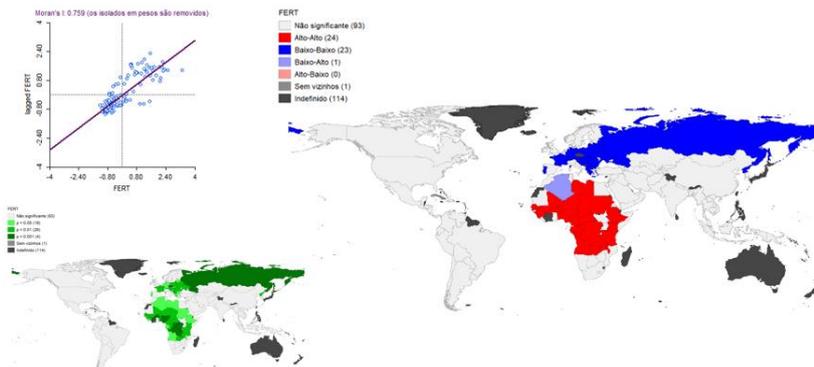
Figura 4: Prevalência Obesidade em Adultos - I de Moran, LISA e significância estatística



4.4 Fecundidade

A análise do número de filhos por mulher (Fecundidade) (figura 5), é consistente com os resultados anteriores, referentes à Idade média da População e à Taxa de Natalidade. A África Central caracteriza-se por ser uma região em que as mulheres têm muitos filhos. Já a região da Europa e Rússia caracteriza-se por ter poucos filhos nascidos vivos por mulher.

Figura 5: Fecundidade: I de Moran, LISA e significância estatística



4.5 Crescimento Populacional

A variável Crescimento populacional (Figura 6), apresenta o mesmo padrão de variáveis anteriores, sendo a região central da África uma região de alto crescimento populacional e a região da Europa e Rússia uma região de baixo crescimento.

4.6 Consumo de Álcool

A correlação espacial referente ao consumo anual de álcool puro por habitante, mostrado na Figura 7, aponta para uma forte influência cultural. Este consumo é elevado na região da Europa e Rússia, locais onde o consumo de cervejas, vinhos e destilados é muito tradicional. Por outro lado, as regiões do Norte da África, do Oriente Médio e dos países do Sudeste Asiático, onde a religião predominante é o Islamismo, apresentam um baixo consumo de álcool, principalmente devido aos preceitos religiosos predominantes.

Figura 6: Crescimento Populacional - I de Moran, LISA e significância estatística

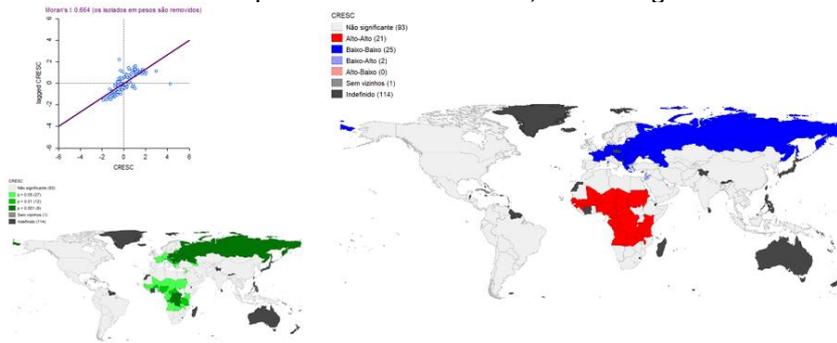
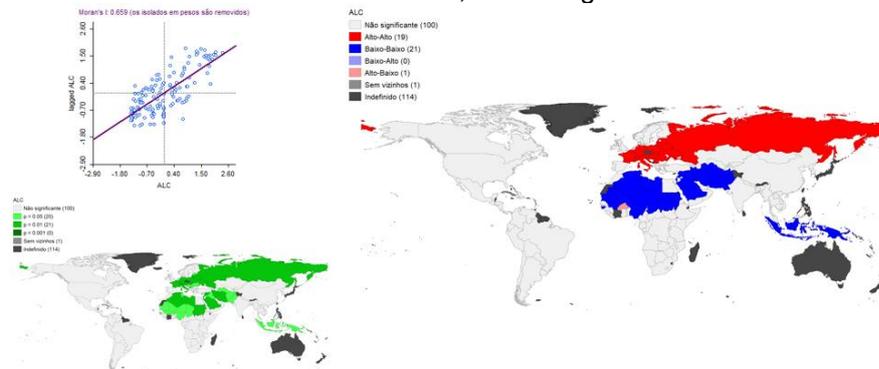


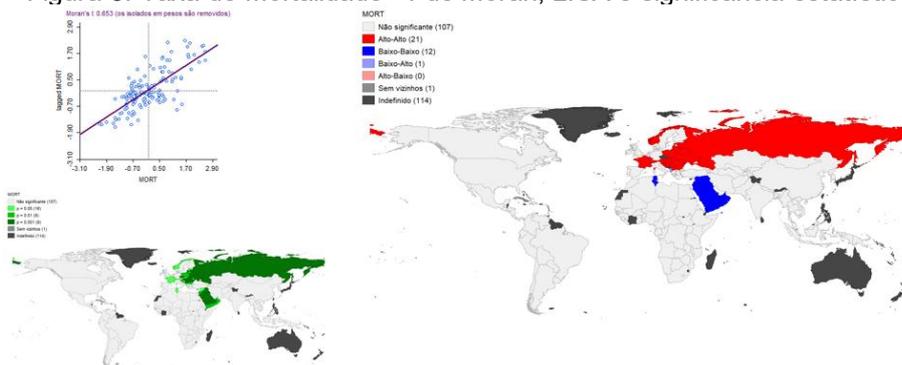
Figura 7: Consumo de Álcool - I de Moran, LISA e significância estatística



4.7 Taxa de Mortalidade

Como mostra a Figura 8, taxas altas de mortalidade aparecem na região da Europa e Rússia, resultado coerente com o elevado envelhecimento destas populações. Padrões baixos de mortalidade aparecem na região do Oriente Médio.

Figura 8: Taxa de Mortalidade - I de Moran, LISA e significância estatística

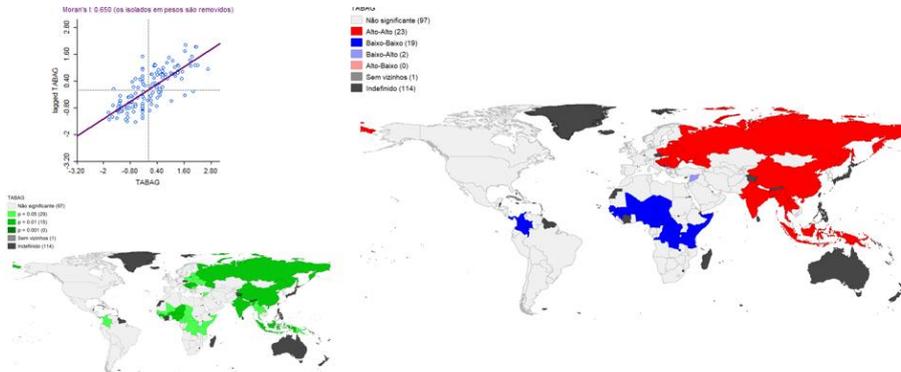


4.8 Prevalência de Tabagismo

As altas prevalências para a utilização do tabaco pela população (Figura 9) apresenta uma distribuição bastante distinta. O uso do tabaco concentra-se na Europa do Leste e Rússia, com também forte presença em todo o sul da Ásia (China, Índia e Sudeste Asiático). Estes resultados, mostrando uma correlação geográfica forte, estão provavelmente associados aos

costumes culturais de maneira muito destacada. Por outro lado, as regiões da África Subsaariana e Central apresentam baixa prevalência do tabagismo.

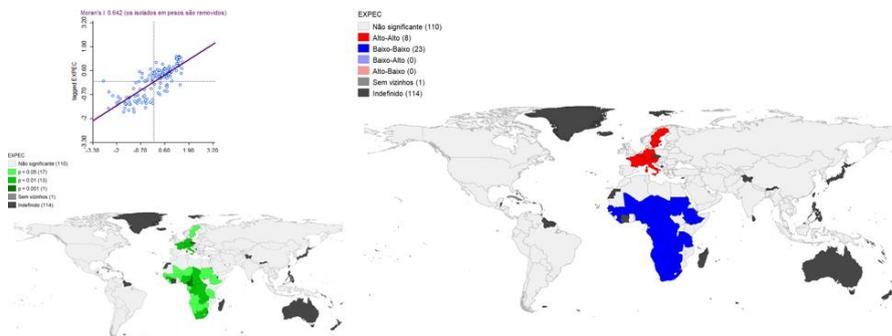
Figura 9: Prevalência de Tabagismo - I de Moran, LISA e significância estatística



4.9 Expectativa de Vida ao Nascer

Elevados valores para a variável Expectativa de vida ao nascer (figura 10) foram encontrados para as populações residentes na região centro oeste da Europa e na Península Escandinava. Por outro lado, baixos valores de Expectativa de vida ao Nascer são apontados para toda a África Subsaariana. Estes resultados, embora de causas multifatoriais, expressam também a disponibilidade de recursos para uma assistência efetiva a estas populações.

Figura 10: Expectativa de Vida ao Nascer - I de Moran, LISA e significância estatística



4.10 Coeficiente de GINI

O Coeficiente de GINI aponta a desigualdade na distribuição de riqueza em uma sociedade. Quanto mais elevado, mais desigual é a sociedade. A Figura 11 aponta altas desigualdades sociais no Sul do Continente Africano e na América do Sul. Por outro lado, a desigualdade é mais baixa na região da Europa e Rússia. Tal correlação espacial é aderente aos padrões históricos de desenvolvimento destas regiões.

4.11 Mortalidade Infantil

O padrão de correlação espacial apresentado na Figura 12 indica que a variável Mortalidade infantil segue um padrão semelhante ao das variáveis Crescimento populacional, Taxa natalidade e Fecundidade, sendo baixo para a região da Europa e Rússia e elevado na região central da África.

4.12 Mortalidade Materna

Observando-se a Figura 13, temos que o mesmo padrão encontrado para a Mortalidade infantil, está presente na variável Mortalidade materna. Entretanto, quando comparamos estas

duas variáveis percebe-se que a Mortalidade materna possui uma correlação espacial mais fraca para a África, quando comparada à variável Mortalidade Infantil.

Figura 11: Coeficiente de GINI - I de Moran, LISA e significância estatística

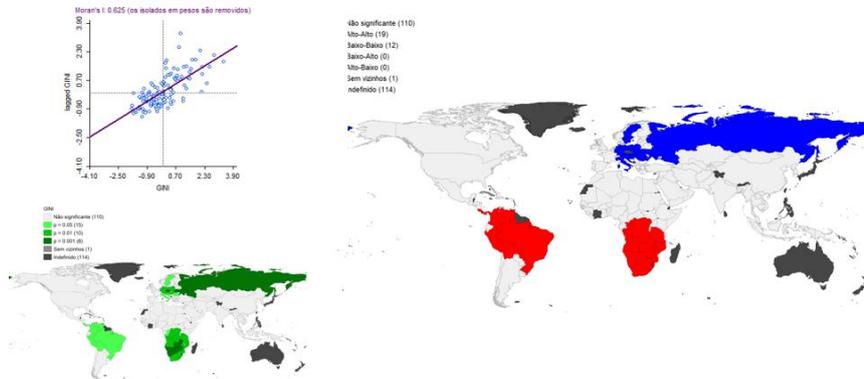


Figura 12: Mortalidade Infantil - I de Moran, LISA e significância estatística

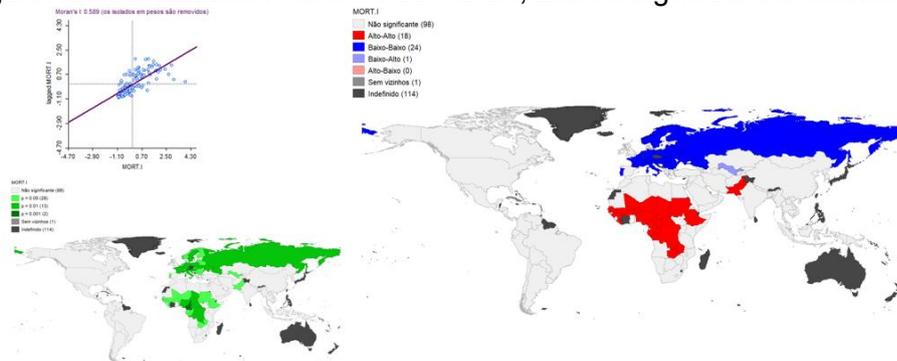
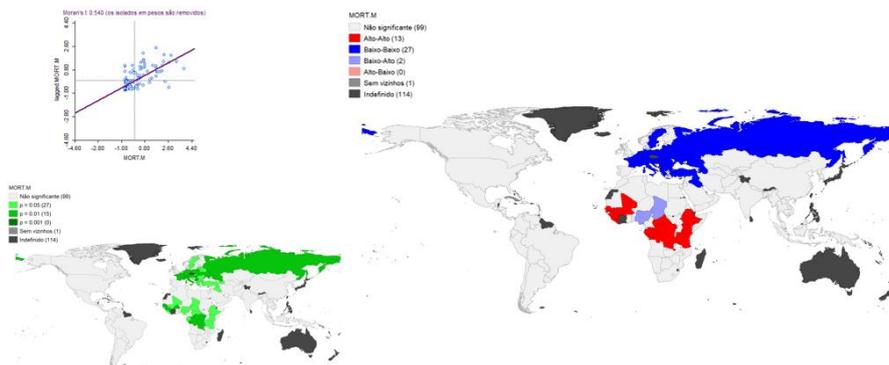


Figura 13: Mortalidade Materna - I de Moran, LISA e significância estatística



5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram determinadas as variáveis para as quais a espacialidade é um fator de influência importante na definição dos parâmetros socioeconômicos de uma nação, com destaques para Idade média da população, Taxa de natalidade, Prevalência de obesidade em adultos, Fecundidade, Crescimento populacional, Consumo de álcool per capita, Taxa de mortalidade, Prevalência de tabagismo, Expectativa de vida, Coeficiente de GINI e Mortalidade infantil, Mortalidade materna. As variáveis Desemprego, Dívida pública, % do PIB Investido em Educação, Crescimento populacional e Taxa de crescimento da produção industrial apresentaram algum efeito de correlação espacial, embora bem menos intenso que as

variáveis anteriormente citadas. As demais variáveis não apresentaram resultados relevantes, ou seja, a espacialidade não se configura como um fator de influência relevante.

Buscando um melhor entendimento destes resultados as variáveis foram divididas em três grupos estruturantes, devido à sua natureza similar. O primeiro grupo denominado ad hoc por “Longevidade” contém as seguintes variáveis: Idade média da população, Taxa de natalidade, Fecundidade, Crescimento populacional e Mortalidade. O Segundo grupo nominado por “Saúde” agrupa as variáveis Mortalidade infantil, Mortalidade materna e Expectativa de vida ao nascer. Já o terceiro e último grupo, denominado aqui de “Cultura”, contém informações sobre hábitos presentes nas populações ou da sua história de desenvolvimento, englobando as variáveis Consumo de álcool puro per capita, Prevalência de tabagismo, Coeficiente de GINI e Prevalência de obesidade em adultos.

Longevidade: A área marcada por vermelho no mapa Lisa (figura 8) indica uma mortalidade (mortes por cem mil habitantes) alta entre os países vizinhos, por sua vez o destaque em azul mostra o oposto a esse indicador, ou seja, países com mortalidade baixa próximos entre si. Para compreender esse fenômeno é necessário olhar questões de natureza antropológica para as nações envolvidas. Segundo a organização mundial da saúde em seu relatório atualizado de 2023 (WHO, 2023), o leste europeu é a região onde mais cresce o índice de mortalidade quando comparada a outras regiões da Europa, este fato se dá principalmente pela faixa etária média da população que, segundo o relatório do banco mundial (Ritchie e Roser, 2019), chega ultrapassar 47 anos em alguns países da Europa. A pirâmide etária europeia tem como parte mais estreita sua base, ou seja, o índice de natalidade é baixo. Sua base sendo estreita e seu topo largo indica uma população em declínio quantitativo, em concordância com os resultados associados à variável Mortalidade na Europa.

Algumas questões referentes à Taxa de natalidade são influenciadas também por fatores culturais. Por exemplo, em muitas regiões da África ter filhos é visto como uma benção e sinônimo de prosperidade. Outro fator que se destaca e é de grande influência é a vulnerabilidade social e econômica do continente africano, quando comparado aos demais continentes, com limitações de acesso à cultura, saúde, educação, alimentação de qualidade fazendo com que a existência filhos seja vista como uma garantia de sustento futuro.

Saúde: Os parâmetros socioeconômicos que mais se relacionam com Saúde são a Mortalidade infantil e a Mortalidade materna, seguido da variável Expectativa de vida ao nascer. Todos estes parâmetros são variáveis que envolvem questões que dependem de diversos fatores. De acordo com os resultados exibidos pelos mapas LISA destas variáveis, a África, de modo geral, contém um índice de mortalidade infantil e de Mortalidade materna alto, enquanto possui uma Expectativa de vida ao nascer baixa. A comparação desses indicadores, segundo a organização mundial da saúde, revela disparidades significativas, justificadas por fatores tão básicos e determinantes como a desnutrição infantil. Segundo a Unicef (Fundo das nações Unidas para Infância) (Unicef, 2023) mais de um milhão de crianças abaixo de um ano na África sofrem de desnutrição aguda.

Cultura: Quando se pensa em hábitos culturais é esperado que a vizinhança de um país impacte diretamente nas relações e proximidades culturais de seus países vizinhos.

No presente trabalho, o Consumo de álcool per capita se apresenta como alto-alto nos mapas LISA principalmente no continente europeu e Rússia. Já relações baixo-baixo predominam nos países do continente africano e do oriente médio. Esses indicadores são explicados, para além das questões econômicas, pelas questões culturais e religiosas. No Oriente Médio a religião predominante é o islamismo, para o qual o consumo de álcool é visto como crime em muitos países e é considerado pecado em qualquer quantidade. No continente africano os índices de consumo são baixos tanto de álcool quanto de tabaco, também influenciado pelo baixo poder aquisitivo local, conforme mostra o mapa LISA para o

Coefficiente de GINI, que destaca a concentração de renda tanto na África quanto América do Sul. Supõe-se que quanto maior a desigualdade de renda maior é a tendência a priorizar insumos como alimentos e medicamentos.

A obesidade destaca-se como pouco prevalente na África pelo fato do continente ser ainda assolado pela desnutrição, desigualdade social e pobreza extrema. Do lado oposto temos a América do Norte e alguns países do Oriente Médio, onde a Prevalência de Obesidade em Adultos é alta. Cabe lembrar o elevado consumo de comidas industrializadas na América do Norte. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde) (WHO, 2023) mais de 30% dos americanos têm massa corporal acima do recomendado e outros 30% são considerados obesos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises espaciais para indicadores socioeconômicos, mostraram uma correlação espacial bastante significativa para um conjunto grande de variáveis e possibilitou identificar aglomerados espaciais de nações possuidoras de alinhamentos bem definidos de seu perfil de desenvolvimento. Este trabalho mostrou resultados que sugerem relações espaciais entre variáveis e entre nações bastante coerentes, onde a análise das fronteiras nacionais mostrou-se uma ferramenta estatística capaz de contribuir para a compreensão das complexas relações geopolíticas e socioeconômicas que permeiam o mundo. Foi possível verificar as variáveis que estão intrinsecamente ligadas ao contexto espacial para as quais o fato de uma nação estar próxima de outra exerce influência na definição de seus indicadores nacionais.

Este trabalho, iniciado em um projeto de Iniciação Científica, evoluindo para um Projeto de Conclusão de Curso em engenharia, permitiu exemplificar o potencial analítico e exploratório das técnicas analíticas sofisticadas que estarão cada vez mais presentes na vida de um engenheiro em seu processo de investigação, de compreensão do mundo e de tomada de decisão. O trabalho permite ainda, grande evolução em etapas futuras, de forma a ampliar sua relevância e seu impacto, revisitando as premissas de inclusão/exclusão de dados e de nações presentes nesta análise, bem como avaliando outras matrizes de vizinhança, de forma a diminuir o número de nações excluídas da análise devido há não existência de vizinhos.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, Luc; SYABRI, Ibnu; KHO, Youngihn. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In: **Handbook of applied spatial analysis: Software tools, methods and applications**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 73-89.

ANSELIN, L. et al. GeoDa - **An Introduction to Spatial Data Science**. 2023 (disponível em: <https://geodacenter.github.io>) Acesso em: 20 mar, 2023.

CIA – **Central Intelligence Agency** – USA. (disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/>). Acesso em: 27 fev. 2023.

DHAR, Vasant. Data science and prediction. **Communications of the ACM**, v. 56, n. 12, p. 64-73, 2013.

DRUCK, S. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN:85-7383-260-6). (disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>). Acesso em: 10 Mar, 2023.

FRANCISCO, E. R., ARANHA, F., ZAMBALDI, F., & GOLDSZMIDT, R. Electricity Consumption as a Predictor of Household Income: a Spatial Statistics Approach. **Advances in Geoinformatics**. pg. 267-282. GEOINFO 2006. Campos de Jordão, 2006.

Gerab, F. and Oliveira, P.A.M. Estatística Multivariada e Estatística Espacial para Cursos de Engenharia: Influência das Fronteiras Secas entre Nações nos seus Parâmetros Socioeconômicos. In: COBENGE 2023, DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4543, Rio de Janeiro, **Anais**, 2023.

Ritchie, Hannah and Roser, Max (2019) - **Age Structure** Published online at OurWorldInData.org. (Disponível em: <https://ourworldindata.org/age-structure> . Acesso em março, 2023)

IGISMAP. Disponível em: <https://www.igismap.com/> . Acesso em: 27 fev., 2023.

SMITH, Michael J.; GOODCHILD, Michael F.; LONGLEY, Paul. **Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. Leicester, UK: Matador, 2007. (disponível em: <https://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html>)

Unicef, 2023. (disponível em: <https://www.unicef.org/press-releases/horn-africa-over-7-million-children-under-age-5-remain-malnourished-across-ethiopia> . Acesso em março de 2023)

WHO 2023, **World health statistics 2023: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals** (Disponível em: <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:VA6C2:15dba1c2-8d7f-47ce-87ec-7aee309c67d8>, Acesso em março, 2023)

INFLUENCE OF BORDERS BETWEEN NATIONS ON THEIR SOCIOECONOMIC INDICATORS FROM THE PERSPECTIVE OF SPATIAL CORRELATION

Abstract: *This is a proposal for an optional curricular component that addresses Spatial Statistics in engineering courses, using real cases and data, combining Statistics and Computing to develop in engineering students the ability to transform data into structured and useful information for understanding phenomena and decision-making. The teaching methodology is based on statistical modeling, developed in the laboratory, built directly by the students, by proposing original problems, with real data, demanding a complex analysis. The proposal, developed in an engineering final project, was, as an example, a problem involving spatial correlation, using digital maps of the different countries existing on the globe and their data, compiled and made available by the CIA. It was possible to identify spatial dependence among different socioeconomic indicators of development of a country with patterns found in its neighboring countries.*

Keywords: *Engineering Education, Curriculum Flexibility, Competency-based Learning, Statistical Modeling, Spatial Statistics*

