



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELOS DE DECISÃO E SAÚDE -
DOUTORADO

LUCIANA MOURA MENDES DE LIMA

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO: UMA NOVA
ARQUITETURA APLICADA A PROBLEMAS EPIDEMIOLÓGICOS**

JOÃO PESSOA – PB
2020

LUCIANA MOURA MENDES DE LIMA

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO: UMA NOVA
ARQUITETURA APLICADA A PROBLEMAS EPIDEMIOLÓGICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde-
Nível Doutorado, do Centro de Ciências Exatas
e da Natureza da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito para obtenção do título
de Doutora.

Linha de Pesquisa: Modelos em Decisão

Orientadores:

Prof. Dr. Ronei Marcos de Moraes

Prof. Dr. Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732s Lima, Luciana Moura Mendes de.
Sistema de apoio à decisão espacial multicritério : uma
nova arquitetura aplicada a problemas epidemiológicos /
Luciana Moura Mendes de Lima. - João Pessoa, 2020.
149 f. : il.

Orientação: Ronei Marcos de Moraes, Rodrigo Pinheiro de
Toledo Vianna.
Tese (Doutorado) - UPPB/CCEN.

1. Tomada de decisão - Tratamento de doenças. 2.
Epidemiologia. 3. Análise espacial. 4. Método
multicritério. 5. Anormalidades congênitas. I. Moraes,
Ronei Marcos de. II. Vianna, Rodrigo Pinheiro de
Toledo. III. Título.

UPPB/BC

CDU 005.53:616-036(043)

LUCIANA MOURA MENDES DE LIMA

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO: UMA NOVA
ARQUITETURA APLICADA A PROBLEMAS EPIDEMIOLÓGICOS**

Aprovada em: 30 de julho de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronei Marcos de Moraes
Orientador (UFPB)

Prof. Dr. Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna
Orientador (UFPB)

Profa. Dra. Ana Flávia Uzeda dos Santos Macambira
Membro Interno (UFPB)

Profa. Dra. Jordana de Almeida Nogueira
Membro Interno (UFPB)

Prof. Dr. Benjamín René Callejas Bedregal
Membro Externo (UFRN)

Profa. Dra. Juliana Sousa Soares de Araújo
Membro Externo (UFPB)

Dedico aos meus amores:

Meus pais, Sisenando e Rosa, por todo apoio e incentivo aos estudos.

E ao meu filho, Pedro, pelo amor incondicional e por ser minha maior inspiração.

AGRADECIMENTOS

À Deus e virgem Maria, por terem me concederem sabedoria e tranquilidade ao longo dessa trajetória.

Aos meus pais, Sisenando e Rosa, pelo amor, incentivo e investimento na minha educação.

Ao meu filho, Pedro, por ter sido um rochedo, assim como seu nome, diante de um turbilhão de acontecimentos. E ter me ensinado sobre o amor mais sincero e puro.

Ao meu esposo, Martycleiber, pelo companheirismo e a compreensão nos momentos em que estive ausente.

À minha irmã, Juliana, por sempre me apoiar e ter sido meu exemplo de profissional e mãe. E aos meus sobrinhos, Lucas e Clara, pela alegria e carinho mesmo estando distante.

Aos meus orientadores, Ronei e Rodrigo, por toda atenção, ensinamento e confiança depositada.

Aos Professores, Dra Ana Flávia Uzeda, Dra. Jordana de Almeida, Dr. Benjamín René e Dra. Juliana Sousa, por aceitarem fazer parte da banca examinadora e terem contribuírem para a melhoria do meu estudo.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde (PPGMDS), pelos momentos inesquecíveis que vivemos e por todo aprendizado compartilhado. Em especial, a minha amiga, Danyelle Farias, por ter tornado o processo mais leve e gratificante.

À todas as amigas, em especial, Luciana Maria, Angely Caldas e Ingrid Gadelha, pela amizade e mensagens de perseverança.

Aos amigos do Laboratório de Estatística Aplicada ao Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Leapig). em especial, a Malu, Ana Cláudia e Laisa por terem me ajudado no desenvolvimento do estudo e pelas palavras de carinho nos momentos difíceis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/ Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ-PB) pelo apoio financeiro essencial para o andamento da pesquisa.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma na construção deste trabalho.

RESUMO

Decisões na área da saúde, em geral, abrangem diversos dados, fatores e opções complexas e conflitantes. Adicionalmente, na Epidemiologia, devem ser levados em consideração aspectos sociais, espaciais, tecnológicos, entre outros para propiciar decisões sobre a definição dos níveis de prioridade para intervenção, por exemplo. Um Sistema de Apoio à Decisão Espacial pode se utilizar daquelas informações e com base nos critérios auxiliar na definição desses níveis. O objetivo do trabalho foi desenvolver uma nova arquitetura para o Sistema de Apoio à Decisão Espacial Multicritério que possa ser aplicada a problemas epidemiológicos. A nova arquitetura apresenta uma abordagem inovadora com uma visão interdisciplinar, envolvendo a análise estatística, espacial e espaço-temporal, a tomada de decisão multicritério e a Epidemiologia na identificação de áreas prioritárias para intervenção. A arquitetura foi aplicada a um estudo quantitativo, ecológico e retrospectivo que utilizou os dados referentes aos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso em nascidos vivos, por ser um importante problema de saúde pública e apresentar um quantitativo elevado em relação às demais. A fonte de dados foi o Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos, no período de 2013 a 2017, estado da Paraíba, Brasil. Para criação e testes da nova arquitetura, foram utilizados os casos das anomalias citadas. A nova arquitetura usa e replica a arquitetura de um sistema de apoio à decisão espacial anteriormente desenvolvida, utilizando-as como critérios e subcritérios. Por sua vez, cada subcritério é processado particularmente gerando como resultado um mapa de decisão georreferenciado. Em seguida, esses mapas são analisados e combinados por um método de tomada de decisão multicritério, usando os pesos atribuídos pelos especialistas, produzindo um mapa de decisão final que aponta como alternativas quatro níveis de prioridade para intervenção: “não prioritário”, “tendência a não prioritário”, “tendência a prioritário” e “prioritário” empregada ao problema em questão. Foi constatado que a maioria dos municípios foram considerados como “não prioritário” e seis como “tendência a prioritário” para os casos de anomalias congênitas do sistema nervoso. A nova arquitetura possibilita resultados de fácil interpretação, principalmente para o gestor em saúde que não tem o hábito de lidar com esse tipo de metodologia no seu cotidiano. Além disso, pode ser empregada em outras doenças e regiões geográficas, permitindo alterar ou não os seus módulos, portanto se adapta ao problema em questão. A arquitetura foi planejada como uma ferramenta de apoio a decisão aos gestores em saúde.

Descritores: Tomada de decisão; Epidemiologia; Análise espacial, Tomada de Decisão Multicritério; Anormalidades Congênitas.

ABSTRACT

Decisions in the health area, in general, cover several complex and conflicting data, factors and options. Additionally, in Epidemiology, social, spatial, technological aspects, among others, must be considered to provide decisions on the definition of intervention priority levels, for example. A Spatial Decision Support System can use that information and help define these levels based on some criteria. The aim of this work is to develop a new architecture for the Multicriteria Spatial Decision Support System that can be applied to epidemiological problems. The new architecture presents an innovative approach with an interdisciplinary vision, involving statistical, spatial and spatial-temporal analysis, multicriteria decision making and Epidemiology in the identification of priority areas for intervention. The architecture was applied to a quantitative, ecological and retrospective study that used data referring to cases of congenital anomalies of the nervous system in live births, as it is an important public health problem and has a high quantity in relation to the others. The data source was the Live Birth Information System, from 2013 to 2017, state of Parahyba, Brazil. For the creation and testing of the new architecture, the cases of the mentioned anomalies were used. The new architecture uses and replicates the architecture of a previously developed spatial decision support system, using them as criteria and subcriteria. In turn, each subcriteria is processed particularly, generating a georeferenced decision map as a result. Then, these maps are analyzed and combined by a multicriteria decision-making method, using the weights assigned by the experts, producing a final decision map that points out four levels of priority for intervention as alternatives: “non-priority”, “tendency to non-priority”, “tendency to priority” and “priority” used for the problem in question. It was found that most municipalities were considered “non-priority” and six as “tendency to priority” for cases of congenital anomalies of the nervous system. The new architecture allows results that are easy to interpret, especially for health managers who are not in the habit of dealing with this type of methodology in their daily lives. In addition, it can be used in other diseases and geographic regions, allowing to change or not its modules, so it adapts to the problem in every circumstance. The architecture was planned as a decision support tool for health managers.

Descriptors: Decision making; Epidemiology; Spatial analysis, Multicriteria Decision Making; Congenital Abnormalities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Características do SDSS.....	23
Figura 2 - Arquitetura do SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014)	25
Figura 3 - Principais etapas da MCDM	34
Figura 4 - Representação hierárquica de um problema no AHP	37
Figura 5 - Nova arquitetura do sistema de apoio à decisão espacial multicritério aplicada a problemas epidemiológicos.....	47
Figura 6 - Mapa das mesorregiões da Paraíba	50
Figura 7 - Nova arquitetura do sistema de apoio à decisão espacial multicritério aplicada aos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso	57
Figura 8 - Mapa da RIE das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso ao nascer, ano de 2017, estado da Paraíba	60
Figura 9 - Scan espacial das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba	61
Figura 10 - Scan espaço-temporal das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba	61
Figura 11 - Mapa de decisão do SDSS das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano de 2017, Paraíba	62
Figura 12 - Mapa de decisão final da nova arquitetura.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da RIE pelo método do Paralelepípedo <i>fuzzy</i> com $n_{RIE} = 6$	28
Quadro 2 - Principais operações de t-norma e t-conorma	32
Quadro 3 - Escala fundamental de Saaty (1990)	38
Quadro 4 - Ordem da matriz e RI	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características epidemiológicas das mães, estado da Paraíba, Brasil, 2013-2017.	53
Tabela 2 - Características epidemiológicas dos nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso, estado da Paraíba, Brasil, 2013-2017	55
Tabela 3 - Variáveis linguísticas, termos linguísticos e domínio utilizado no SDSS para o subcritério baixo peso	58

LISTA DE NOTAÇÕES

G	Região geográfica
g_i	Geo-objeto
Z	Número total de casos
M	População sob risco
B	Teste de Lilliefors
F	Função de distribuição acumulada assumida para os dados
F_x	Função de distribuição acumulada empírica dos dados
r_s	Coeficiente de correlação de Spearman
d_i^2	Diferença entre cada posto dos valores correspondentes às observações
N	Número de pares de observações
L_1	Conjunto com todas as zonas circulares
C	Número total de geo-objetos
J_i	Número máximo de áreas mais próximas do centroide do geo-objeto
p_l	Probabilidade de casos estarem dentro da zona l
q_l	Probabilidade dos casos estarem fora da zona l
λ	Razão de verossimilhança
$E(l)$	valor esperado dos casos dentro da zona l
PT	Período de tempo
N_t	Intervalos de pontos discretos no tempo
μ_i	Função de pertinência
T	Espaço de pontos
O	Conjunto <i>fuzzy</i>
x, y	Variáveis linguísticas de entrada
w	Variável linguística de saída
a_i, b_i, c_i	Realizações das variáveis linguísticas
A	Matriz de comparação
U	Matriz normalizada comparativa
W	Peso dos critérios
Y	Vetor da coluna

H	Autovetor
λ_{max}	Autovalor máximo
k	Número de critérios comparados

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIDS	<i>Acquired Immune Deficiency Syndrome</i>
ANPPS	Agenda Nacional de Prioridades de Pesquisa em Saúde
APPMS	Agenda de Prioridades de Pesquisa do Ministério da Saúde
CI	<i>Consistency Index</i>
CID	Classificação Internacional de Doenças
CR	<i>Consistency Ratio</i>
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DNV	Declaração de Nascido Vivo
DSS	<i>Decision Support Systems</i>
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Translating Algorithm</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
MADM	<i>Multiple Attribute Decision Making</i>
MCDM	<i>Multiple Criteria Decision Making</i>
MODM	<i>Multiple Objective Decision Making</i>
MC-SDSS	<i>Multicriteria Spatial Decision Support Systems</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
RI	<i>Random Consistency Index</i>
RIE	Razão de Incidências Espacial
SDSS	<i>Spatial Decision Support System</i>
SINASC	Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos
SUS	Sistema Único de Saúde
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
WLC	<i>Weighted Linear Combination</i>
WSM	<i>Weighted Sum Method</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	19
1.2 CONTRIBUIÇÕES DA TESE.....	20
2 OBJETIVOS	21
2.1 GERAL	21
2.2 ESPECÍFICOS	21
3 REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1 EPIDEMIOLOGIA ESPACIAL E SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL .	22
3.1.1 Arquitetura do Sistema de Apoio à Decisão Espacial, de Moraes, Nogueira e Sousa (2014).....	24
3.1.1.1 Análise estatística	25
3.1.1.1.1 Razão de Incidências Espacial (RIE)	25
3.1.1.1.2 Teste de normalidade	27
3.1.1.1.3 Análise de correlação.....	27
3.1.1.1.4 Análise de classificação.....	28
3.1.1.2 Análise espacial	28
3.1.1.3 Análise espaço-temporal	30
3.1.1.4 Sistema <i>fuzzy</i> baseado em regras	31
3.2 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	33
3.2.1 Processo Hierárquico Analítico	36
3.3 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO	41
3.3.1 MCDM convencional para problemas espaciais	41
3.3.2 MCDM espacialmente explícito	42
3.3.3 Otimização multiobjetivo espacial.....	42
3.4 ANOMALIA CONGÊNITA.....	42
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45

4.1 NOVA ARQUITETURA DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO.....	45
4.2 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DA NOVA ARQUITETURA.....	48
4.2.1 Semanas gestacionais	48
4.2.2 Número de consultas no pré-natal	48
4.2.3 Índice de Apgar	49
4.2.4 Peso ao nascer.....	49
4.2.5 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	50
4.3 ÁREA DO ESTUDO.....	50
4.4 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO E ANÁLISE DOS DADOS	51
4.5 ASPECTOS ÉTICOS	51
5 RESULTADOS	53
6 DISCUSSÃO	64
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
PRODUÇÃO ACADÊMICA.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÊNDICE A - Exemplo das regras do SDSS referentes ao subcritério baixo peso.....	84
APÊNDICE B - Resultado dos mapas da RIE, do Scan espacial, do Scan espaço- temporal e da decisão do SDSS referente a cada subcritério.....	114
APÊNDICE C - Mapas da RIE referente a cada subcritério, período de 2013 a 2016, no estado da Paraíba.....	126
APÊNDICE D - Estudo de caso	139
ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	149

1 INTRODUÇÃO

A todo momento, o ser humano toma decisões simples ou complexas. A tomada de decisão pode ser evidenciada em atitudes diárias, tais como: assistir a um programa de televisão ou a um filme, ouvir uma música ou ler um livro, dentre outras situações (GOMES; GOMES, 2014). Quando a tarefa é complexa ou envolve circunstâncias importantes, em geral, o ser humano não tem clareza ou certeza sobre o que decidir, por isso, recorre às técnicas de apoio à decisão, seja informal ou formal (BOUYSSOU et al., 2006).

Conforme Resnik (1987), a teoria da decisão pode ser entendida como um conjunto de procedimentos e métodos para compreender como indivíduos e grupos tomam ou deveriam tomar decisões, podendo levar em consideração ferramentas estatísticas, computacionais e outras. A tomada de decisão no mundo dinâmico e em rápida evolução é um grande desafio, pois diversos fatores podem influenciar na decisão final, tais como: conflito de interesses, o tomador de decisão, a importância dessa decisão e os diferentes critérios envolvidos no problema (BHUSHAN, RAI, 2004; LACHTERMACHER, 2016).

No contexto da área da saúde, Marsh et al. (2017) afirmam que as decisões são complexas e difíceis, por envolverem múltiplos fatores, opções, informações incertas e diferentes ordens de preferências das partes interessadas. Adicionalmente, na Epidemiologia, devem ser levados em conta aspectos tecnológicos, sociais e espaciais, dentre outros, no processo de tomada de decisão (BARRETO, 1998). As metodologias de tomada de decisão precisam lidar com essa gama de informações e os Sistemas de Apoio à Decisão (*Decision Support Systems* - DSS) podem auxiliar neste processo.

Diante dessa perspectiva, um Sistema de Apoio à Decisão Espacial, (*Spatial Decision Support Systems* - SDSS) baseado em sistemas integrados de computador, pode auxiliar os tomadores de decisão a tratar problemas em que os dados georreferenciados são determinantes e afetam a decisão final (SUGUMARAN, DEGROOTE, 2011; MORAES, MELO, 2017). Comumente, a viabilidade e utilização dessa metodologia são decorrentes da disponibilidade de dados públicos espaciais e dos *softwares* adaptáveis (KEENAN; JANKOWSKI, 2019). O SDSS tem contribuído com frequência na gestão pública e privada, em virtude da potencialidade das informações (MORAES; MELO, 2017), e tem sido aplicado nas áreas de administração e gestão urbana, mobilidade, segurança pública, educação e ambiental (MORAES; MELO, 2017). Na área da saúde, o sistema ganha destaque na questão dos problemas epidemiológicos (DELMELLE et al., 2011; KELLY et al., 2011; BURDZIEJ, 2012; MORAES, NOGUEIRA, SOUSA, 2014; WANGDI et al. 2016).

Dentre os encontrados na literatura, o SDSS desenvolvido por Moraes, Nogueira e Sousa (2014) destaca-se por apresentar uma arquitetura que considera aspectos epidemiológicos para tomada de decisão na gestão da saúde pública. Os dados são representativos por elementos de área, ou seja, quando a exata posição geográfica de cada ocorrência é desconhecida, mas o valor total de ocorrências de cada área pode ser determinado. Essa arquitetura diferencia-se das demais por contemplar dados espaciais, não espaciais, estatística inferencial, análise espacial e espaço-temporal, aglutinados por um sistema *fuzzy* baseado em regras, e por fornecer vantagens quando comparado à Epidemiologia clássica. Essa arquitetura passou por evoluções para atingir uma versão melhorada, mas permaneceu com os três principais eixos de análise – estatística, espacial e espaço-temporal – e tem sido a base para solucionar diversos problemas epidemiológicos (MORAES et al., 2019). Entretanto, a arquitetura em questão foi desenvolvida para analisar uma variável por vez. Essa abordagem é útil em algumas categorias de problemas, mas não contempla outros tipos, nos quais vários critérios são relevantes na tomada de decisão para problemas epidemiológicos.

Além disso, o processo de tomada de decisão espacial é complicado, pois requer informação especializada, produzida a partir de muitas fontes e interpretada por uma variedade de tomadores de decisão, em relação a diferentes critérios, objetivos e/ou alternativas (SUGUMARAN; DEGROOTE, 2011). Logo, um método que pode levar em consideração diferentes critérios é a Tomada de Decisão Multicritério (*Multiple Criteria Decision Making - MCDM*), definida por um conjunto de métodos para auxiliar os tomadores de decisão a investigar as possibilidades de escolha em função de múltiplos critérios, e gerar ordem de preferências das alternativas (MALCZEWSKI, 1999; GOMES; GOMES, 2014). Dessa maneira, a MCDM contribui para aumentar a consistência, a transparência e a legitimidade das decisões (THOKALA et al., 2016).

Perante o exposto, foi possível encontrar estudos que abordam a relação espacial com os múltiplos critérios (CARVER, 1991; JANKOWSKI, 1995; MALCZEWSKI, 2006; COUTINHO-RODRIGUES, SIMÃO, ANTUNES, 2011; MALCZEWSKI, RINNER, 2015; FERRETTI, MONTIBELLER, 2016; LIMA et al., 2019b). No estudo de Ferretti e Montibeller (2016), é ressaltada a importância da MCDM para o SDSS e os desafios de integrar dados espaciais e métodos MCDM. Desse modo, os Sistemas de Apoio à Decisão Espacial Multicritério (*Multicriteria Spatial Decision Support Systems - MC-SDSS*) permitem uma estrutura consistente que combina dados espaciais e preferências do tomador de decisão conforme uma regra de decisão selecionada, unindo os Sistemas de Informação Geográfica

(*Geographic Information System* - GIS) e a MCDM (SILVA; ALÇADA-ALMEIDA; DIAS, 2014).

Com base na literatura científica, é possível perceber que existem poucas publicações que abordam a arquitetura SDSS e MCDM aplicada a problemas epidemiológicos. Uma investigação recente utilizou a Combinação Linear Ponderada (*Weighted Linear Combination* - WLC), exemplo de MCDM, como uma regra de combinação de um conjunto de SDSS, em que cada um deles analisava os aspectos específicos da tuberculose, resultando em um mapa de decisão sobre os níveis de prioridade para o combate da doença (LIMA et al., 2019b). Vale destacar que essa pesquisa foi publicada como um estudo de caso da arquitetura proposta, conforme o APÊNDICE D.

A presente pesquisa propõe uma metodologia para realização de um estudo epidemiológico por meio do desenvolvimento de uma nova arquitetura. Dessa maneira, a nova arquitetura proposta foi utilizada para um problema epidemiológico analisado conforme os seus critérios e subcritérios. Cada um desses subcritérios foi processado individualmente pela arquitetura de SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014), e seus resultados produziram mapas georreferenciados. Essas informações foram combinadas posteriormente por um MCDM que produziu um mapa de decisão final com os níveis de prioridade para intervenção aplicada à Epidemiologia. Para testar a nova arquitetura, foram usados os dados de anomalias congênitas do sistema nervoso do estado da Paraíba.

Em novembro de 2015, ocorreu um aumento inesperado de casos de uma anomalia congênita, a microcefalia, despertando assim, o interesse pelo assunto e novos achados. As anomalias congênitas constituem uma das principais causas de óbito na infância no Brasil, com uma taxa de 3,06 por mil nascidos vivos, ficando atrás apenas da prematuridade (FRANÇA et al., 2017), demonstrando ser um problema de saúde pública. De acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), as anomalias congênitas do sistema nervoso, sendo a microcefalia uma delas, apresentam alta frequência em relação às demais, o que corresponde de 30% a 40% do total de casos no Brasil (ALMEIDA et al., 2016; WESTPHAL et al., 2016). Em relação à região Nordeste, esta ocupa a segunda posição (FONTOURA, CARDOSO, 2014; RODRIGUES et al., 2014).

Diante disso, este trabalho objetiva desenvolver uma nova arquitetura para o sistema de apoio à decisão espacial multicritério, apontando os níveis de prioridades para intervenção aplicada à Epidemiologia, para que se possa auxiliar os gestores no processo de tomada de decisão.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

As decisões na área de saúde são conflitantes, envolvem diferentes opiniões, e os conjuntos de dados também podem apresentar problemas com relação à atualização e inserção incompleta das informações. Assim sendo, é evidente a necessidade de metodologias científicas que auxiliem os tomadores de decisão a concordar com quais critérios de avaliação são relevantes, a importância atribuída a cada um e como as informações podem contribuir na tomada de decisão (MARSH et al., 2017).

Ademais, conhecer o espaço geográfico é uma ferramenta importante para o planejamento das ações de promoção e de atenção integral à saúde (SANTOS; RIGOTTO, 2011). Este, por sua vez, representa a distribuição demográfica e epidemiológica dentro do contexto social, político, cultural e administrativo. Com a análise espacial, é possível identificar a distribuição espacial das doenças e sua relação com os fatores de risco (CÂMARA et al., 2004), para que seja possível contribuir para uma melhor organização da gestão no cuidado em saúde. Sendo assim, destaca-se a relevância em estudar os dados georreferenciados voltados a problemas epidemiológicos.

Nesse sentido, é importante ressaltar que a Epidemiologia é um dos temas prioritários da Agenda Nacional de Prioridades de Pesquisa em Saúde (ANPPS), e, em um de seus pontos, evidencia o desenvolvimento de novas metodologias e técnicas no contexto epidemiológico (BRASIL, 2015a), corroborando este trabalho. Inclusive, a anomalia congênita e o desenvolvimento e validação de metodologia para esse grupo estão contemplados na Agenda de Prioridades de Pesquisa do Ministério da Saúde (APPMS), que pode gerar subsídios no conhecimento, captação e ações para uma melhor qualidade de vida da população (BRASIL, 2018).

Uma pesquisa desenvolvida no Brasil – usando os dados do Censo Nacional de Isolados de populações brasileiras com alta frequência de doenças genéticas ou anomalias congênitas ou ambientais – identificou um percentual elevado de anomalias congênitas na Paraíba (CARDOSO et al., 2019). As anomalias congênitas do sistema nervoso apresentam quantitativo elevado em relação às demais, conforme mencionado anteriormente. De acordo com os registros do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), no período de 2014 a 2018, a Paraíba foi o quinto estado do Nordeste em número de ocorrências das anomalias congênitas do sistema nervoso (DATASUS, 2019).

Poucas pesquisas discutem a temática das anomalias congênitas do sistema nervoso. Diante dessa escassez, foram publicadas pesquisas relacionadas à análise espacial e espaço-

temporal dessas anomalias no estado da Paraíba em diferentes períodos (LIMA et al., 2019a; LIMA, VIANNA, MORAES, 2019c). Sendo assim, este trabalho tem como base uma problemática que merece mais atenção e pesquisas, e que por isso, foi escolhida para testar o funcionamento da arquitetura. Por fim, na literatura científica, não foram encontradas pesquisas com características semelhantes à arquitetura proposta.

1.2 CONTRIBUIÇÕES DA TESE

O trabalho de tese propõe uma abordagem inovadora, com um aspecto interdisciplinar, envolvendo a análise estatística, espacial e espaço-temporal, a tomada de decisão multicritério e a Epidemiologia. A principal contribuição relaciona-se à criação de uma nova arquitetura para o sistema de apoio à decisão espacial multicritério para dar suporte à tomada de decisão sobre os níveis de prioridade para intervenção aplicada à Epidemiologia. Esta nova arquitetura permite uma flexibilidade na metodologia e pode ser adotada a diferentes agravos, localidades e período de tempo. Além disso, poderá contribuir para a gestão em saúde, levando em consideração as informações epidemiológicas, especialmente no que tange às áreas prioritárias. Os achados poderão auxiliar os gestores no planejamento, manutenção ou ampliação dos serviços de saúde para essa população, além de subsidiar ações de políticas públicas na saúde materno-infantil. Outra contribuição deste trabalho é a de conhecer as características epidemiológicas dos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso no estado da Paraíba. Assim, isso permite uma maior visibilidade à temática em questão e a implementação de ações mais efetivas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Desenvolver uma nova arquitetura para Sistemas de Apoio à Decisão Espacial Multicritério aplicada a problemas epidemiológicos.

2.2 ESPECÍFICOS

- Investigar arquiteturas para o sistema de apoio à decisão espacial disponíveis na literatura científica;
- Pesquisar sistemas multicritério para a tomada de decisão espacial;
- Desenvolver uma nova arquitetura com base nos estudos anteriores;
- Identificar e atribuir os pesos aos critérios e subcritérios da nova arquitetura;
- Testar a nova arquitetura utilizando os dados epidemiológicos reais das anomalias congênitas do sistema nervoso;
- Descrever as características epidemiológicas dos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso em nascidos vivos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 EPIDEMIOLOGIA ESPACIAL E SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL

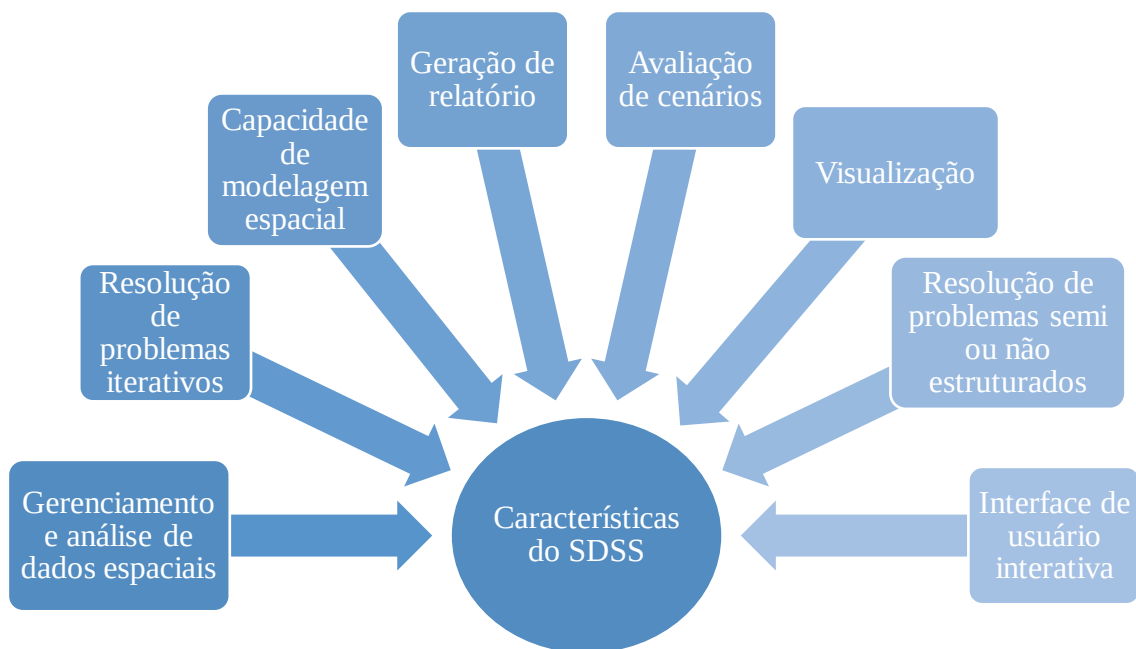
A epidemiologia espacial pode ser definida como o estudo da distribuição geográfica e espacial da incidência da doença, o qual pode envolver fatores de risco ambientais, demográficos, comportamentais, socioeconômicos, dentre outros (LAWSON, 2013). Desde o século XIX, foram originados mapas que demonstraram a existência de associação entre mortes por cólera e suprimento de água, com o trabalho pioneiro de John Snow referente à epidemia de cólera, ocorrida em Londres no ano de 1854 (SNOW, 2008).

No contexto da epidemiologia espacial, pode-se destacar a análise espacial, cuja finalidade é identificar variáveis explicativas e compreender os fenômenos relacionados à dinâmica da distribuição espacial das doenças e medidas de prevenção e controle das enfermidades (MAGALHÃES, 2012). De acordo com Magalhães (2012), para compreender o perfil epidemiológico das doenças que representam riscos à saúde pública, é relevante utilizar a análise espacial. Esta tem sido empregada na área da saúde em doenças como: tuberculose (ARROYO et al., 2017), dengue (JOHANSEN; CARMO; ALVES, 2016), hanseníase (FREITAS; DUARTE; GARCIA, 2017), anomalias congênitas do sistema nervoso (LIMA et al., 2019a; LIMA, VIANNA, MORAES, 2019c) e na condição crônica em crianças e adolescentes (PINTO; SILVA; MORAES, 2018).

Cerca de 80% das necessidades de informações dos gestores em saúde está vinculada à distribuição espacial (KATO; VIEIRA; FACHEL, 2009). Posto isto, compete aos gestores tomar decisões de modo a solucionar ou minimizar os problemas e otimizar os recursos. Uma ferramenta que pode facilitar este processo são os DSS, que são caracterizados como sistema computacional que ajuda os tomadores de decisão a analisarem e buscarem soluções para um problema (SUGUMARAN, DEGROOTE, 2011; MORAES, MELO, 2017). Com o progresso computacional e tecnológico, algumas aplicações do tipo DSS evoluíram e começaram a exibir interfaces gráficas e empregar informações espaciais, dessa maneira, viabilizou os GIS em virtude da necessidade desse componente geográfico (KEENAN, 2003). Os GIS possibilitam o armazenamento, gerenciamento, análise e visualização de informações geográficas, porém não apresentam o componente de modelagem e não podem ser considerados um DSS (ARMSTRONG, DENSHAM, 1990; JANKOWSKI, 1995). O desenvolvimento dos SDDS foi propiciado em virtude dessa deficiência e da necessidade de se levar em consideração a informação geográfica na tomada de decisões em diversas situações (MORAES; MELO, 2017).

O SDSS combina características espaciais e não espaciais que auxiliam no processo de tomada de decisão. Os dados espaciais podem ser representados por coordenadas geográficas de uma localização e suas relações espaciais, sendo essenciais no processo decisório final (KEENAN; JANKOWSKI, 2019). O sistema pode ser configurado para problemas espaciais semiestruturados ou não estruturados, de forma interativa e iterativo, com a funcionalidade para lidar com bancos de dados (espaciais e não espaciais), capacidade de modelagem analítica, de apoio à decisão e da apresentação da informação (SUGUMARAN; DEGROOTE, 2011). Segundo Sugumaran e Degroote (2011), o SDSS deve apresentar algumas características, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Características do SDSS



Fonte: Adaptado de Sugumaran e Degroote (2011)

Em geral, os componentes essenciais do SDSS consistem em uma série de sistemas relacionados a: linguagem, apresentação, processamento de problemas e conhecimento. O sistema de linguagem gerencia as interações entre o usuário e o sistema, e o de apresentação representa as imagens, especialmente os mapas, gráficos, tabelas ou relatórios. Ambos interagem diretamente com o usuário por meio de interfaces visuais. O sistema de processamento de problemas tem o intuito de conhecer o problema em questão e tentar solucioná-lo, enquanto o sistema de conhecimento é constituído por todo o saber contido no SDSS por meio de dados espaciais, não espaciais, modelagem e conhecimento de especialistas

(ZHU, 2011). A literatura tem mostrado que o número e a descrição exata dos componentes do SDSS variam conforme os autores (DENSHAM, GOODCHILD, 1989; DENSHAM, 1991; SUGUMARAN, DEGROOTE, 2011; ZHU, 2011).

O SDSS tem sido utilizado em diversas áreas do conhecimento: no gerenciamento de risco de inundação (HORITA et al., 2015), desastres de terremotos (NYIMBILI; ERDEN, 2018), planejamento em infraestrutura (KIM; LEE, 2014), gestão da educação pública (CARVALHO et al., 2016). Desse modo, recorreu-se às diferentes arquiteturas de SDSS para alcançar os objetivos propostos.

Na área da saúde, existem aplicações de SDSS, mas não têm sido em uma proporção significativa (KEENAN; JANKOWSKI, 2019). A investigação de Burdziej (2012) utilizou o SDSS com o intuito de analisar a variação espacial da acessibilidade a determinados serviços dentro da área de uma cidade, com base na análise de rede, e, posteriormente, compartilhar os resultados com os potenciais utilizadores (cidadãos e tomadores de decisão) sob a forma de uma aplicação na Web. Além disso, a pesquisa de Wangdi et al. (2016) desenvolveu um SDSS e avaliou a utilidade deste para apoiar a gestão do programa na eliminação da malária, verificando a alta aceitabilidade como um sistema de gerenciamento de dados operacionais e de vigilância.

Adicionalmente, outras investigações demonstraram que o sistema tem sido empregado com sucesso no apoio à erradicação da malária (KELLY et al., 2011), em cuidados em saúde (DELMELLE et al., 2011) e em problemas epidemiológicos, tais como: Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (*Acquired Immune Deficiency Syndrome* - AIDS), tuberculose, dengue e mortalidade infantil (MORAES, NOGUEIRA, SOUSA, 2014; MELO, MORAES, 2018; SOARES, 2018; LIMA et al., 2019b).

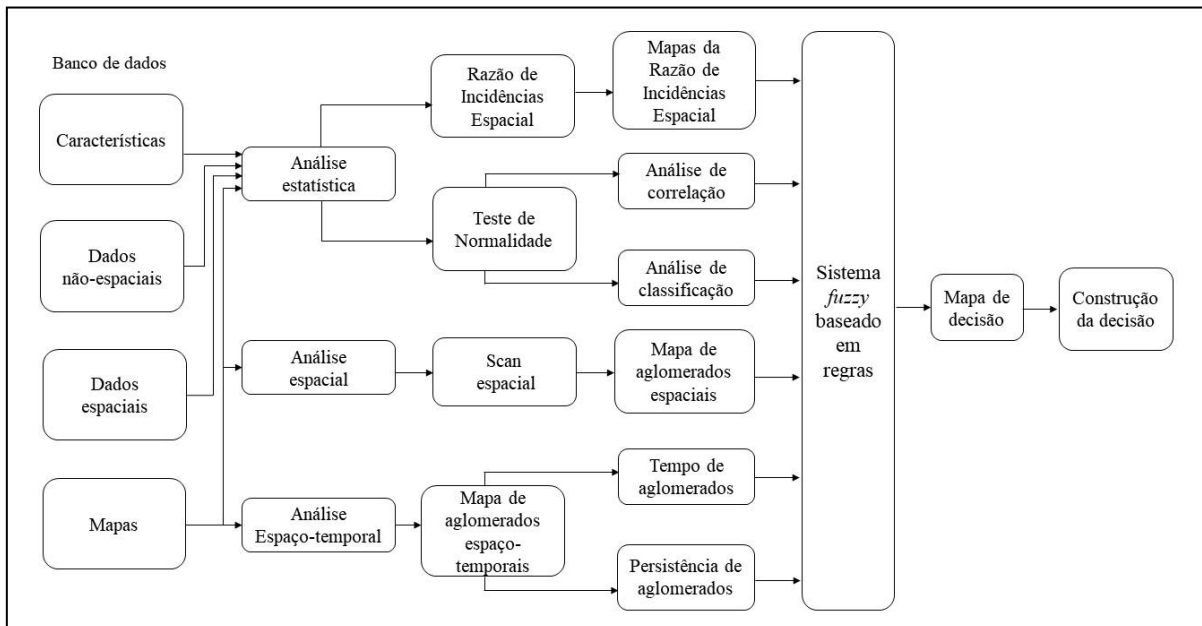
Diante das aplicabilidades do SDSS, a arquitetura desenvolvida por Moraes, Nogueira e Sousa (2014) se sobressai por apresentar uma arquitetura que auxilia na identificação de níveis de prioridade na Epidemiologia. Os diversos módulos podem ser suprimidos ou modificados em sua metodologia conforme as necessidades do problema em questão, o que permite uma contribuição adaptativa no processo de tomada de decisão, além de outros aspectos já citados.

3.1.1 Arquitetura do Sistema de Apoio à Decisão Espacial, de Moraes, Nogueira e Sousa (2014)

A arquitetura de SDSS desenvolvida por Moraes, Nogueira e Sousa (2014) tem como entrada um conjunto de atributos, dados espaciais e não espaciais e mapas, como mostra a

Figura 2. É constituída por módulos de análise estatística, análise espacial e análise espaço-temporal, com seus respectivos desdobramentos e um sistema *fuzzy* baseado em regras. Todos os módulos e o sistema *fuzzy* baseado em regras serão explanados a seguir para um melhor entendimento da arquitetura.

Figura 2 - Arquitetura do SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014)



Fonte: Adaptado de Moraes, Nogueira e Sousa (2014)

3.1.1.1 Análise estatística

Neste módulo, as análises descritivas, tabelas e gráficos podem ser gerados de modo a conhecer a distribuição e características estatísticas da doença em estudo.

3.1.1.1.1 Razão de Incidências Espacial (RIE)

É uma medida espacial que tem como objetivo conhecer a contribuição relativa de casos observados em relação à população de uma determinada área. Para compreender a RIE, é necessário definir duas entidades importantes na análise espacial: a região geográfica e o geo-objeto. A região geográfica é uma área geográfica delimitada de estudo e sobre a qual os eventos de interesse ocorrem. Pode ser representada por uma coleção de objetos distintos e localizáveis geograficamente dentro dela; estes, por sua vez, podem ser chamados geo-objetos (GOODCHILD, 1992). Por exemplo, para um estudo epidemiológico focado nos casos de

anomalias congênitas no território brasileiro, o Brasil é a região geográfica. Este estudo pode ser desenvolvido a partir das totalizações das notificações de casos de anomalias congênitas em cada estado brasileiro em um período de tempo determinado. Portanto, o Brasil é a região geográfica, e cada estado brasileiro é um geo-objeto.

Formalmente, seja uma região geográfica G formada por uma coleção C de geo-objetos, isto é, $g_i \in G$, $i=1, \dots, C$. Seja Z , uma variável aleatória que corresponde ao número total de casos registrados em um determinado período de tempo dentro de cada geo-objeto em g_i na região geográfica G . Por fim, seja M , a população sob risco na região geográfica G (LIMA et al., 2019a). A RIE em cada geo-objeto g_i é dada por:

$$RIE(g_i) = \frac{\frac{Z(g_i)}{M(g_i)}}{\frac{\sum_{j=1}^C Z(g_j)}{\sum_{j=1}^C M(g_j)}} \quad (1)$$

ou seja, a RIE do geo-objeto g_i é dada pela incidência de um evento epidemiológico no geo-objeto dividido pela incidência em toda a região geográfica.

Para interpretação da $RIE(g_i)$, empregou-se as seguintes divisões: 0 quando não existe incidência do evento epidemiológico no geo-objeto g_i ; maior que 0 e menor que 0,5 atribui que a RIE é inferior à metade da incidência global na região geográfica no geo-objeto g_i ; maior ou igual a 0,5 e menor do que 1,0, a RIE é superior à metade, mas inferior à incidência global na região geográfica no geo-objeto g_i ; maior ou igual a 1,0 e menor do que 1,5, a RIE é superior à incidência global e inferior a 1,5 à incidência global na região geográfica no geo-objeto g_i ; maior ou igual a 1,5 e menor do que 2,0, a RIE é superior a 1,5 vezes da incidência global, mas inferior a 2,0 vezes à incidência global na região geográfica no geo-objeto g_i ; e quando maior ou igual a 2,0, a RIE é superior a 2,0 vezes ou mais à incidência global na região geográfica no geo-objeto g_i (LIMA et al., 2019a). Neste trabalho, os geo-objetos referem-se aos municípios, e a região geográfica ao estado da Paraíba.

Os mapas da RIE servem como referência para análise dos mapas da estatística Scan espacial e espaço-temporal. A RIE possibilita padronizar as informações em função da população sob risco dos geo-objetos, relacionando a incidência de cada geo-objeto à incidência da região geográfica em um determinado período de tempo (LIMA et al., 2019a). Por essa razão, ela possibilita a comparação direta entre os geo-objetos de um mesmo mapa.

3.1.1.1.2 Teste de normalidade

Tem o objetivo de verificar se um conjunto de dados pode ser aproximado pela distribuição normal (SIEGEL, 1956). Um teste que pode ser utilizado é o de Lilliefors, uma adaptação do teste de Kolmogorov-Smirnov, que calcula a diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados e a função de distribuição acumulada empírica, conforme a equação (2). Isso definirá o conjunto de métodos possíveis a serem utilizados posteriormente

$$B = \max|F - F_x| \quad (2)$$

onde: F corresponde à função de distribuição acumulada assumida para os dados e F_x corresponde à função de distribuição acumulada empírica dos dados.

3.1.1.1.3 Análise de correlação

É uma medida usada para investigar o grau de correlação entre as variáveis (SIEGEL, 1956). Se os dados do estudo não apresentarem uma distribuição normal, pode-se utilizar testes estatísticos não-paramétricos, como o coeficiente de correlação de Spearman (r_s), que é uma medida de associação entre duas variáveis e necessita que ambas sejam medidas pelo menos em uma escala ordinal (SIEGEL, 1956). Pode ser calculada conforme a equação a seguir:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N} \quad (3)$$

onde: d_i^2 diferença entre cada posto dos valores correspondentes às observações e N número de pares de observações.

Os valores do coeficiente podem variar entre 1 e -1; quanto mais próximo desses valores, maior associação entre as variáveis. Nesta pesquisa, utilizou-se os seguintes valores: $0,65 \leq r_s \leq 1,00$, referindo-se à correlação alta positiva; $0,18 \leq r_s \leq 0,81$ moderada positiva; $-0,33 \leq r_s \leq 0,35$ fraca; $-0,80 \leq r_s \leq -0,18$ moderada negativa; e $-1,00 \leq r_s \leq -0,68$ indica correlação alta negativa. Essa forma de interpretação é uma adaptação daquela encontrada em Mukaka (2012), visto que não existe um consenso a respeito dessa interpretação na literatura científica.

3.1.1.1.4 Análise de classificação

Os dados oriundos da RIE foram classificados usando o Classificador pelo método do Paralelepípedo *fuzzy* proposto por Console e Mouchout (1996). Originalmente proposto para a classificação de imagens, esse classificador utiliza números *fuzzy* trapezoidais para representar intervalos limitados de números reais e atribuir graus de pertinência a cada um dos elementos do seu conjunto suporte. A atribuição de uma classe para um determinado valor é dada pela função *argmax* sobre os graus de pertinência desse valor para todas as classes que retorna a classe de maior pertinência, ou seja:

$$classe(g_i) = \underset{classe}{argmax} \mu_{i,classe}(g_i) \quad (4)$$

onde: μ_i representa a função de pertinência.

Neste trabalho, utilizou-se o método para classificar os geo-objetos conforme as classes da RIE, evidenciadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação da RIE pelo método do Paralelepípedo *fuzzy* com $n_{RIE} = 6$

RIE	Classificação
$RIE(g_i) \approx 0$	Ausência de RIE
$\approx 0 < RIE(g_i) < 0,5$	Muito baixa RIE
$\approx 0,5 \leq RIE(g_i) < 1,0$	Baixa RIE
$\approx 1,0 \leq RIE(g_i) < 1,5$	Média RIE
$\approx 1,5 \leq RIE(g_i) < 2,0$	Alta RIE
$\approx RIE(g_i) \geq 2,0$	Muito alta RIE

Legenda: $\approx$ Aproximadamente

Fonte: Adaptado de Sá (2015)

3.1.1.2 Análise espacial

Para a detecção dos aglomerados espaciais de doenças, pode ser utilizada a estatística Scan espacial proposta por Kulldorff e Nagarwalla (1995). O método impõe uma janela circular em um mapa e permite que o centroide do círculo se mova no decorrer da região de estudo, procurando áreas vizinhas em que tenham o centroide, também, na sua área. Desse modo, o

intuito da estatística Scan é identificar aglomerados nos quais a ocorrência do evento é significativamente mais provável dentro do círculo do que fora dele. Esta pode ser empregada em situações em que os dados são agregados por área, ou quando as coordenadas geográficas exatas são conhecidas para ocorrência do evento.

Seja M o número total de indivíduos na população sob risco na região geográfica G e seja Z o número total de casos registrados em G . Para cada centroide, o raio permite que varie de zero a um valor máximo, porém, recomenda-se um valor para limitar o raio seja de até 50% da população sob risco (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995). Seja L_1 um conjunto com todas as zonas circulares geradas por estes critérios, com $L_1 \subseteq G$, onde C é o número total de geo-objetos em G e J_i é o número máximo de áreas mais próximas do centroide do geo-objeto g_i (TANGO, 2010).

$$L_1 = \{l_{ij} \in G | 1 \leq i \leq C, 1 \leq j \leq J_i\} \quad (5)$$

Seja $p_l = z_l/m_l$ a probabilidade de casos estarem dentro da zona l , que têm z_l casos registrados e m_l indivíduos em risco. Seja $q_l = (Z - z_l)/(M - m_l)$ a probabilidade dos casos estarem fora. Se a zona l for candidata a um aglomerado, a razão de verossimilhança é a seguinte (SÁ et al., 2020):

$$\lambda = \begin{cases} \sup_{l \in L_1} \left(\frac{z_l}{E(l)} \right)^{z_l} \left(\frac{Z-z_l}{Z-E(l)} \right)^{Z-z_l}, & \text{se} \\ \frac{z_l}{E(l)} > \frac{Z-z_l}{Z-E(l)} \\ 1, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

onde: $E(l) = \frac{Zm_l}{M}$ é o valor esperado dos casos dentro da zona l .

Devido à natureza dos dados epidemiológicos serem discretos, o modelo probabilista discreto de Poisson apresenta-se como uma boa alternativa. Em geral, usa-se um nível de significância de 5% para os testes de hipóteses de simulações de Monte Carlo com 999 replicações aleatórias dos dados com a hipótese nula de aleatoriedade espacial (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995).

3.1.1.3 Análise espaço-temporal

Tem o intuito de detectar aglomerados que acontecem no espaço e no tempo de maneira concomitante. Uma possível metodologia é a estatística Scan espaço-temporal. O método pode ser definido por uma janela com um formato cilíndrico cuja base circular representa a região geográfica e a altura, o intervalo de tempo. Essa base é centrada em um dos centroides dos geo-objetos contidos na região geográfica de estudo com o raio variando de tamanho de modo contínuo. É indicado que o tamanho da base geográfica e o intervalo de tempo sejam limitados à metade do número de casos esperados e à metade do período total, respectivamente (KULLDORFF et al., 1998). Portanto, a janela cilíndrica move-se no espaço e no tempo de maneira que, para cada possível região geográfica, também visite cada período de tempo possível, traduzindo em cilindros sobrepostos de diferentes tamanhos, que são testados quanto à probabilidade de compor um aglomerado espaço-temporal. A significância desses aglomerados é calculada usando a simulação de Monte Carlo, cuja hipótese nula afirma que não há aglomerados espaço-temporal na região geográfica e a hipótese alternativa que exista pelo menos um aglomerado com nível de 5% de significância (KULLDORFF et al., 1998).

No Scan espacial são consideradas zonas circulares em L_1 . O período de tempo é considerado como N_t intervalos de pontos discretos no tempo desde o tempo inicial t_1 até o tempo final t_{N_t} (TANGO, 2010), ou seja,

$$PT = \{t_1, \dots, t_{N_t}\} \quad (7)$$

O tempo pode ser utilizado como prospectivo ou retrospectivo. O prospectivo tem o intuito de detectar aglomerados que ainda estão ativos durante o último período de tempo para o qual os dados estão disponíveis e pode ser repetido periodicamente no tempo, a cada dia, semana, mês ou ano, por exemplo (KULLDORFF, 2001). Por outro lado, o retrospectivo detecta aglomerados que começaram e terminaram antes do início do estudo e tem sido utilizado em uma única análise, como exemplo, os dados históricos (KULLDORFF et al., 1998).

Para considerar um período de tempo em L_1 em um estudo retrospectivo, como é o caso do presente estudo, um domínio cilíndrico é necessário para definir a região tridimensional de interesse. Nessa região, a base de um cilindro representa o espaço (L_1) e sua altura representa o período de tempo (PT), que define um domínio cilíndrico: $L_2 = L_1 \times PT$.

Se a zona cilíndrica l_2 é uma candidata a um aglomerado, a razão de verossimilhança é a subsequente:

$$\lambda = \begin{cases} \sup_{l_2 \in L_2} \left(\frac{z_{l_2}}{E(l_2)} \right)^{z_{l_2}} \left(\frac{Z - z_{l_2}}{Z - E(l_2)} \right)^{Z - z_{l_2}}, & \text{se} \\ \frac{z_{l_2}}{E(l_2)} > \frac{Z - z_{l_2}}{Z - E(l_2)} \\ 1, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (8)$$

onde: Z é o número total de casos registrados no $G \times PT$, z_{l_2} é o número total de casos observados na zona cilíndrica l_2 e $E(l_2)$ é o número esperado de casos na mesma zona cilíndrica, que são dados por:

$$z_{l_2} = \sum_{(i,t) \in l_2} z_{it} \text{ e } E(l_2) = \sum_{(i,t) \in l_2} e_{it} \quad (9)$$

onde: z_{it} e e_{it} são o número total de casos e o número esperado de casos, respectivamente, e ambos definidos para o geo-objeto i em um tempo específico t . O número esperado de casos e_{it} é dado por:

$$e_{it} = \frac{\sum_{i=1}^C z_{it} \sum_{t=1}^{N_t} z_{it}}{M} \quad (10)$$

3.1.1.4 Sistema *fuzzy* baseado em regras

Os resultados provenientes dos módulos anteriores servem como entrada para um sistema *fuzzy* baseado em regras, e a saída é um mapa que indica as áreas com diferentes níveis de prioridades. Para compreender esses achados, é preciso entender a lógica *fuzzy* e seus desdobramentos.

A lógica *fuzzy* tem sido abordada com frequência em diferentes problemas em virtude da possibilidade de entender determinados fenômenos que não podem ser explicados pela lógica clássica (SOARES et al., 2018). É um método que permite lidar com dados imprecisos e incertos e tem como base a teoria dos conjuntos *fuzzy* (ZADEH, 1965).

O conjunto *fuzzy* foi proposto por Zadeh (1965) e pode ser caracterizado por funções de pertinência, atribuídas a cada objeto do conjunto, as quais variam entre zero e um. Seja $\mathbf{T}$ um espaço de pontos, com um elemento genérico de $\mathbf{T}$ denotado por $\mathbf{t}$. Um conjunto *fuzzy* $\mathbf{O}$ em $\mathbf{T}$ é caracterizado por uma função de pertinência $\mu_{\mathbf{O}}(\mathbf{t})$ que associa a cada ponto em $\mathbf{T}$ um número real no intervalo $[0,1]$, onde $\mu_{\mathbf{O}}(\mathbf{t})$ é o grau de pertinência de $\mathbf{t}$ em $\mathbf{O}$. Nos conjuntos *fuzzy*, é possível efetuar operações de intersecção e união, assim como na lógica clássica; e podem ser representados pela conjunção (E) e disjunção (OU), respectivamente (MASSAD et al., 2004). A intersecção entre os conjuntos *fuzzy* pode ser definida em função de um tipo de operador

conhecido: t-norma e t-conorma (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007). Exemplos usuais de t-normas e t-conormas podem ser visualizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais operações de t-norma e t-conorma

T-norma	T-conorma
$\min(a, b)$	$\max(a, b)$
$a \times b$	$a + b - ab$
$\max(a + b - 1, 0)$	$\min(a + b, 1)$
$\begin{cases} a & \text{se } b = 1 \\ b & \text{se } a = 1 \\ 0 & \text{senão} \end{cases}$	$\begin{cases} a & \text{se } b = 0 \\ b & \text{se } a = 0 \\ 1 & \text{senão} \end{cases}$

Fonte: Adaptado de Pedrycz e Gomide (2007)

A forma de expressar o conhecimento dessa lógica é normalmente por meio das regras do tipo condição-ação. Assim, a regra *fuzzy* é uma unidade capaz de capturar um conhecimento específico, enquanto um conjunto de regras *fuzzy* é capaz de descrever um sistema em suas diferentes possibilidades. Desse modo, cada regra é composta por uma parte antecedente (SE) e uma parte consequente (ENTÃO). A parte antecedente refere-se a uma condição composta pelas variáveis de entrada, e a parte consequente a uma conclusão por meio das variáveis de saída (MASSAD et al., 2004). Como pode ser observado no exemplo abaixo:

SE {antecedentes} ENTÃO {consequentes}

De maneira geral, uma regra *fuzzy* é representada da seguinte maneira:

SE (x é a_i) E (y é b_i) ENTÃO (w é c_i)

onde: x e y são variáveis linguísticas de entrada, w é a variável linguística de saída e a_i , b_i e c_i são realizações dessas variáveis, medidas na interação do usuário com o sistema (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007).

Vale destacar que a variável linguística apresenta um valor qualitativo apresentado por um termo linguístico (palavras ou frases) e quantitativamente por sua função de pertinência (MASSAD et al., 2004).

No presente estudo, utilizou-se o sistema *fuzzy* baseado em regras fundamentado por Mamdani e Assilian (1975). Um sistema *fuzzy* baseado em regras é composto por: fuzzificação, regras, inferência e defuzzificação (ZADEH, 1973; KING, MAMDANI, 1977). A fuzzificação tem o intuito de transformar um conjunto não-*fuzzy* em um conjunto *fuzzy*. As regras são formuladas com variáveis linguísticas que são representadas por uma variável cujos valores são palavras ou frases em uma linguagem natural ou artificial. No processo de inferência, utilizou-se os conectivos lógicos com o objetivo de indicar a relação *fuzzy* que modela as regras, enquanto a defuzzificação corresponde à etapa final em que o conjunto *fuzzy* resultante é convertido em um valor numérico (ZADEH, 1973; KING, MAMDANI, 1977).

Sendo assim, a arquitetura SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014), explanada anteriormente, foi usada para identificar áreas de prioridade no enfrentamento à dengue e tuberculose no estado da Paraíba entre os anos de 2009 a 2013 (MELO, MORAES, 2018; LIMA et al., 2019b), como também na definição de níveis de prioridade de intervenção municipal para redução da mortalidade infantil no estado da Paraíba (SOARES, 2018). A pesquisa demonstrou, ainda, versatilidade quanto ao problema, vantagens em relação a outras metodologias, além da facilidade em compreender os resultados. Entretanto, apresenta como limitação a análise de uma variável por vez, por isso a necessidade de ampliar essa arquitetura e obter apenas um mapa de decisão final para os diversos critérios. Portanto, a seguir, será apresentado um aprofundamento teórico da MCDM como uma das bases essenciais para a elaboração da nova arquitetura.

3.2 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

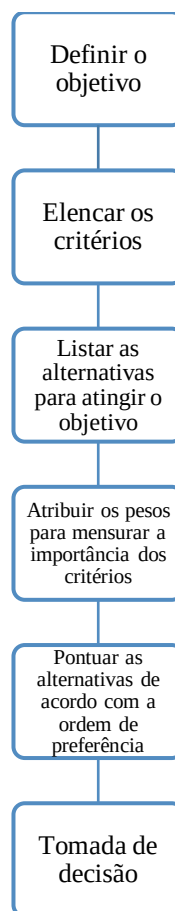
A MCDM pode ser definida como a pesquisa de métodos e procedimentos pelos quais vários critérios divergentes podem ser incorporados ao processo de tomada de decisão, conforme a Sociedade Internacional de MCDM (INTERNATIONAL SOCIETY ON MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING, 2019). Desde a década de 1960, a MCDM tem sido uma área de investigação e pode ser considerada como um dos ramos mais conhecidos da tomada de decisão (TRIANAPHYLLOU, 2000; ZARDANI et al., 2015).

Guarnieri (2015) afirma que a MCDM é uma importante ferramenta para solucionar ou amenizar problemas de decisão que envolvem diferentes opiniões, situações incertezas e objetivos conflitantes. Desse modo, a sua utilização permite estruturar o processo decisório em etapas bem definidas auxiliando na tomada de decisão (GUARNIERI, 2015). Os elementos essenciais para a MCDM são: os critérios pelos quais as alternativas são avaliadas, as

alternativas a serem avaliadas, os pesos dos critérios que mensuram a importância relativa de cada um, atribuídos por especialistas, e pontuações que refletem a ordem de preferência das alternativas (THOKALA; DUENAS, 2012).

Keeney e Raiffa (1976) sugerem o uso de uma pesquisa bibliográfica e/ou consulta a um grupo de especialistas para identificar os critérios na área do problema. Embora isso possa ajudar a enriquecer o conjunto de critérios, é necessário que representem o objetivo desejado. Uma outra maneira de garantir isso é com a derivação dos critérios hierarquicamente a partir do objetivo (YOON; HWANG, 1995). Na literatura científica, existem diversos métodos para atribuir pesos aos critérios (HWANG, YOON, 1981; SAATY, 1990; CHEN, 2000), sendo essa, uma das etapas mais importante e difícil na MCDM, pois os achados finais dependem, em grande parte, desses pesos (ZARDANI et al., 2015). Para um melhor entendimento da MCDM, pode ser observado a Figura 3.

Figura 3 - Principais etapas da MCDM



Fonte: Elaboração própria

A MCDM é dividida em três tipos, conforme suas semelhanças: uso de um único critério de sintetização sem incompatibilidades, síntese por sobreclassificação com incomparabilidade e métodos de julgamento local interativo com interação tentativa e erro (ROY, 1996). O uso de um único critério de síntese sem incomparabilidade consiste em agregar os diferentes critérios em uma função única que será otimizada. Pode-se citar alguns exemplos: Processo Hierárquico Analítico (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) (SAATY, 1990), Técnica de Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal (*Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS) (HWANG; YOON, 1981) e Método da Soma Ponderada (*Weighted Sum Method* – WSM) (FISHBURN, 1967). A síntese por sobreclassificação com incomparabilidade representa as preferências do decisor e de explorá-las com intuito de auxiliar a resolver seus problemas, como: Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha (*Elimination And Choice Translating Algorithm* – ELECTRE) (ROY, 1968) e Método de Organização de Preferências para o Enriquecimento de Avaliações (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* – PROMETHEE) (BRANS; MARESCHAL, 1990). Enquanto os métodos de julgamento local interativo contemplam etapas de cálculos, proporcionando sucessivas soluções de compromisso, com diálogo com os decisores, levando a uma fonte extra de informação sobre as preferências dos mesmos. Por exemplo: os métodos *dominance*, *maximin*, *minimax*, *conjunctive*, entre outros (HWANG, YOON, 1981; VINCKE, 1992).

Os problemas da MCDM podem ser classificados em duas categorias: Tomada de Decisão com Múltiplos Atributos (*Multiple Attribute Decision Making* – MADM) e Tomada de Decisão com Múltiplos Objetivos (*Multiple Objective Decision Making* – MODM). Vale destacar que o critério tem sido utilizado como um termo genérico que abrange o conceito de atributo e objetivo. Dessa maneira, a MADM é caracterizada por possuir um número limitado e predeterminado de alternativas associado aos vários atributos relevantes na tomada de decisão. Em paralelo a isso, a MODM apresenta como principais particularidades um conjunto de objetivos quantificáveis e um conjunto de restrições bem definidas. De maneira sucinta, a MODM está associada a problemas de design e a MADM a problemas de seleção (HWANG; YOON, 1981).

Adicionalmente, existem duas principais abordagens no processamento de informações dos critérios que são: compensatória e não compensatória (HWANG; YOON, 1981). No método compensatório, as mudanças em um critério podem ser compensadas por alterações opostas em quaisquer outros critérios. Como exemplo, podem ser citados os métodos: AHP e TOPSIS. No método não compensatório, um desempenho desfavorável em um dos critérios não

pode ser compensado pelo bom desempenho favorável do outro. Exemplos: *maximin* e *minimax* (HWANG; YOON, 1981).

A MCDM tem sido empregada para resolver diversos problemas como: gestão de turismo (YU et al., 2018), energia e sustentabilidade (KUMAR et al., 2017), sistema de informação geográfica (KABAK et al., 2018), engenharia civil e infraestrutura, gerenciamento da cadeia de suprimentos, transporte e logística, entre outros (STOJČIĆ et al., 2019). Ao passo que na área da saúde, tem sido utilizada na prevenção, diagnóstico e tratamento, avaliação de tecnologia em saúde, definição de prioridades, gestão de formulários, saúde pública e políticas, entre outros (ADUNLIN; DIABY; XIAO, 2014).

Perante o exposto, foram citados algumas MCDM, sendo que, para a pesquisa elegeu-se o método AHP em virtude da popularidade e simplicidade em decompor um problema complexo em simples, além da facilidade na interpretação dos resultados, desse modo, auxiliando o tomador de decisão (SAATY, 1987; SAATY, 2000; BROEKHUIZEN et al., 2015; MARDANI et al., 2015; ZYOUD, FUCHS-HANUSCH, 2017). Além disso, essa facilidade de compreensão do método e funcionamento é um fator relevante para o gestor na área de saúde que não tem o hábito de lidar com esse tipo de metodologia.

3.2.1 Processo Hierárquico Analítico

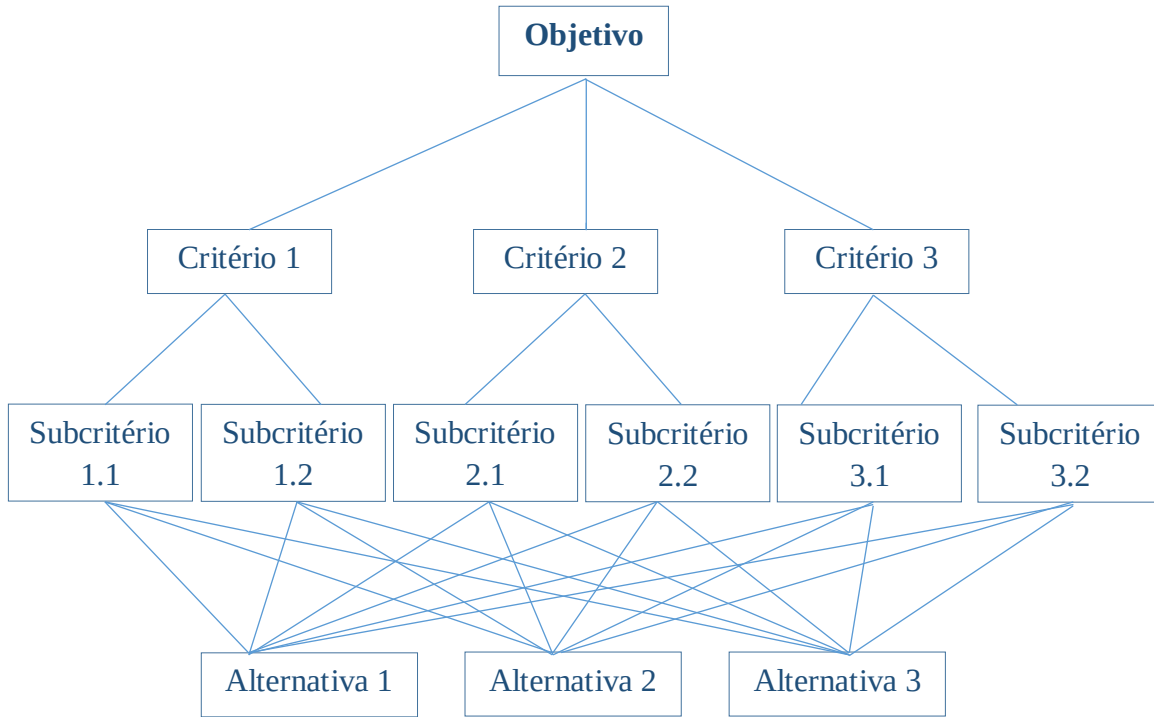
O método AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970, com o objetivo de estruturar decisões complexas e auxiliar os tomadores de decisão (SAATY, 1987). O método utiliza a matemática para processar as preferências subjetivas e pessoais de um indivíduo ou grupo na tomada de decisão, sendo necessário o conhecimento e a experiência para estimar as comparações em pares (SAATY, 2001; SAATY, 2008).

Tem sido empregado em diversas áreas, tais como: gerenciamento da construção (DARKO et al., 2019), energia sustentável e renovável (SINGH; NACHTNEBEL, 2016), setores de manufatura e logística (HO; MA, 2018), gerenciamento de recursos, gestão corporativa, política e planejamento estratégico (VELASQUEZ; HESTER, 2013). No campo da saúde, foi empregado na elegibilidade da instalação de uma Unidade de Pronto Atendimento (BRIOZO; MUSETTI, 2015), no diagnóstico e tratamento (DIAZ-LEDEZMA, PARVIZI, 2013; MARUTHUR et al., 2015), na avaliação em tecnologia em saúde (RITROVATO et al., 2015) e na gestão em saúde (ADUNLIN; DIABY; XIAO, 2014).

Esse método consiste em três etapas principais: elaboração da hierarquia, análise prioritária dos dados e verificação da consistência. A estrutura hierárquica é elaborada da

seguinte maneira: o topo é composto pela definição do objetivo, os critérios e/ou subcritérios em níveis, que são essenciais para compreender a problemática, e, por fim, as alternativas de decisão (SAATY, 1987), como pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 - Representação hierárquica de um problema no AHP



Fonte: Elaboração própria

Na análise de prioridade, é criado um conjunto de matriz de comparação de pares de cada elemento em cada nível, conforme a equação 11. Para realizar essas comparações, é utilizada a escala fundamental de Saaty (1990), Quadro 3, que indica quantas vezes mais importante ou dominante é um elemento em relação a outro, no que diz respeito ao critério ao qual eles são comparados. As comparações pareadas são feitas por especialistas baseadas no conhecimento e na experiência (SAATY, 1990).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{kk} \end{bmatrix} \quad (11)$$

onde: a_{ij} expressa a importância do i -ésimo critério em comparação ao j -ésimo critério baseado na escala fundamental de Saaty e k número de critérios comparados.

Quadro 3 - Escala fundamental de Saaty (1990)

Intensidade de importância em escala absoluta	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada de um sobre outro	Experiência e julgamento favorecem levemente uma atividade em detrimento de outra
5	Importância essencial ou forte	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é favorecida muito fortemente em detrimento de outra; seu domínio demonstrado na prática
9	Importância extrema	A evidência que favorece uma atividade em detrimento de outra é da mais alta ordem possível de afirmação
2,4,6,8	Valores intermediários entre os dois juízos adjacentes	Quando necessário
Recíprocos acima de zero	Se a atividade <i>i</i> tiver um dos números não nulos acima atribuídos a ela quando comparada com a atividade <i>j</i> , então <i>j</i> terá o valor recíproco quando comparado com <i>i</i>	
Racionais	Razões decorrente da escala	

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

Posteriormente, deve normalizar a matriz comparativa (U) em que divide cada elemento da matriz original (A) pelo somatório das respectivas colunas, como pode ser visualizado nas equações (12) e (13):

$$u_{11} = \frac{a_{11}}{a_{11} + a_{21} + \dots + a_{k1}} \quad (12)$$

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1k} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{k1} & u_{k2} & \dots & u_{kk} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Após esta etapa, deve ser calculado os pesos dos critérios:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^k u_{ij}}{k} \quad (i=1,2,\dots,k) \quad (14)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_k \end{bmatrix} \quad (15)$$

A validação dos resultados depende da consistência da matriz, sendo que, para isso, são necessárias algumas etapas:

$$Y \text{ (vetor da coluna)} = A \times W$$

$$Y = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_k \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_k \end{bmatrix} \quad (16)$$

Em seguida, deve ser calculado o autovetor e autovalor máximo por meio das seguintes equações (17) e (18), respectivamente:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{y_1}{w_1} \\ \frac{y_2}{w_2} \\ \vdots \\ \frac{y_k}{w_k} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^k H_i}{k} \quad (18)$$

Por fim, deve verificar o índice de consistência (*consistency index* - CI) que mensura a consistência das comparações por meio da equação (19):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - k}{(k-1)} \quad (19)$$

E calcular a razão de consistência (*consistency ratio* - CR) determinada pela razão entre o valor do CI e o índice de consistência aleatória (*random consistency index* - RI):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (20)$$

O RI é um índice de consistência aleatória de uma matriz recíproca gerada aleatoriamente e varia conforme a ordem da matriz, como pode ser observado no Quadro 4. Quando o CR não excede o valor de 0,10, indica um julgamento consistente, e os pesos derivados podem ser usados. Caso contrário, indica inconsistência no julgamento dos especialistas, então, este precisa ser refeito (SAATY, 2000).

Quadro 4 - Ordem da matriz e RI

Ordem da matriz	RI
1	0,00
2	0,00
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,40
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,54
13	1,56
14	1,57
15	1,58

Fonte: Saaty (2000)

O AHP ajuda os tomadores de decisão a escolherem a alternativa que melhor se adequa ao problema, conforme a ordem de preferência. Este método tem sido utilizado com frequência pela facilidade de sintetizar problemas complexos e tornar compreensível o resultado, baixa

complexidade computacional e ampla aplicabilidade. Além disso, pode ser usado individualmente ou com outros métodos (SAATY, 2000; VELASQUEZ, HESTER, 2013; HO, MA, 2018). Contudo, a principal limitação refere-se à reversão de classificação em que a inclusão ou exclusão de critérios ou alternativas alteram a ordem de preferência (SAATY, 2001).

Para a elaboração da nova arquitetura, foi necessário percorrer um longo caminho para compreender e explicitar de maneira clara os métodos que foram importantes para tal. Deve ser ressaltado que não foi encontrado na literatura investigações com arquitetura para o sistema de apoio à decisão espacial multicritério empregada em Epidemiologia semelhante à proposta. Logo, será apresentado o arcabouço teórico do MC-SDSS.

3.3 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO

O MC-SDSS é uma classe de SDSS baseada na associação do GIS e MCDM que transforma e combina dados geográficos e as preferências do tomador de decisão em uma decisão final (MALCZEWSKI, 1999; MALCZEWSKI, RINNER, 2015). Conforme aponta Silva, Alçada-Almeida e Dias (2014), as ferramentas do MC-SDSS propiciam recursos para armazenar, gerenciar e analisar problemas de decisão espacial, assim como também projetar, avaliar e priorizar as decisões.

O MC-SDSS foi aplicado no gerenciamento de água (JEIHOUNI et al., 2015), na avaliação da conservação da biodiversidade (BOTTERO et al., 2013), restauração de zonas úmidas (MALEKI et al., 2018), sustentabilidade ambiental (SILVA; ALÇADA-ALMEIDA; DIAS, 2014) e agravos em saúde (LIMA et al., 2019b). De acordo com o Malczewski e Rinner (2015), o MC-SDSS pode ser abordado de três maneiras distintas: MCDM convencional para problemas espaciais, MCDM espacialmente explícito e otimização multiobjetivo espacial.

3.3.1 MCDM convencional para problemas espaciais

Usualmente, não leva em consideração as propriedades fundamentais dos dados espaciais, como heterogeneidade e dependência espacial. Desse modo, atribue-se uma homogeneidade espacial nas preferências do tomador de decisão e funções de valor (MALCZEWSKI; RINNER, 2015). Os métodos frequentemente usados são: WLC e procedimentos relacionados (MALCZEWSKI, 2000; DROBNE, LISEC, 2009), método ideal de referência (CABLES; LAMATA; VERDEGAY, 2016), o AHP e os processos de rede

analítica (LEE, 2010) e os métodos de superação (JOERIN; THÉRIAULT; MUSY, 2001). O trabalho de tese utilizou esta abordagem com a aplicação do AHP no desenvolvimento da nova arquitetura.

3.3.2 MCDM espacialmente explícito

Pode ser determinado por meio de alguns testes. Primeiro, quando as alternativas de decisão não forem invariantes sob a realocação de alternativas viáveis; segundo, requer que as alternativas de decisão sejam definidas geograficamente; em seguida, precisa conter conceitos espaciais como localização, distância, contiguidade, conectividade, adjacência ou direção; e o quarto, quando a forma espacial de entradas é diferente da forma espacial de saída. Desse modo, incorporam as propriedades dos dados espaciais nas MCDM (MALCZEWSKI; RINNER, 2015).

3.3.3 Otimização multiobjetivo espacial

Foi projetada especificamente para modelar sistemas espaciais, com o intuito de resolver um problema, em que as alternativas de decisão/gerenciamento têm uma conotação geográfica, como localização, distância, conectividade, direção, forma de uma área, divisão e extensão dos limites, buscando assim, encontrar a melhor solução (MALCZEWSKI; RINNER, 2015).

Para testar o funcionamento da arquitetura, utilizou-se os casos de anomalias congênitas do sistema nervoso. Por isso, é preciso debruçar-se sobre o tema.

3.4 ANOMALIA CONGÊNITA

É um defeito decorrente de causas intrínsecas ou extrínsecas na gênese, podendo ser dividida em malformação, displasia, deformação e rotura. A malformação e a displasia afetam a estrutura intrínseca (KLIEGMAN; STANTON; ST GEME, 2017). A malformação implica na morfogênese anormal do tecido subjacente devido a um fator genético ou teratogênico, em geral, tem origem entre a terceira e a oitava semana de gestação e a displasia refere-se a uma organização anormal das células nos tecidos (MARTIN, FANAROFF, WALSH, 2016; SADLER, 2016; KLIEGMAN, STANTON, ST GEME, 2017). Por outro lado, a deformidade e rotura, são efeitos secundários que resultam de forças produzidas extrinsecamente ao tecido ou órgão afetado. A deformidade resulta de forças mecânicas que alteram a estrutura do tecido

normal e envolve com frequência o sistema musculoesquelético, podendo ser revertidas após o nascimento (SADLER, 2016; KLIEGMAN, STANTON, ST GEME, 2017). A rotura indica a destruição tecidual intrauterina após um período de morfogênese normal (KLIEGMAN; STANTON; ST GEME, 2017).

A anomalia congênita apresenta uma incidência heterogênea que pode sofrer influência dos aspectos ambientais e socioculturais (GILI et al., 2015). Em estudos internacionais, a incidência da anomalia congênita variou entre 2% e 2,5% dos nascidos vivos (MARTIN, FANAROFF, WALSH, 2016; KLIEGMAN, STANTON, ST GEME, 2017) e, em países da América do Sul, aproximadamente 1,0% (GILI et al., 2016). No Brasil, em torno de 1,2% a 2,5% dos nascidos vivos apresentam algum tipo de anomalia congênita (MENDES et al., 2015; ALMEIDA et al., 2016; COSME, LIMA, BARBOSA, 2017). Na região Nordeste, está entre 0,5% e 1,0% (RODRIGUES et al., 2014; PINTO JÚNIOR et al., 2017), e, no estado da Paraíba, ao longo do período de 2013 a 2017, 0,9% dos nascidos vivos (DATASUS, 2019). A anomalia congênita representa a segunda causa de óbito na infância no Brasil, sendo que, nos estados das regiões Sul, Centro Oeste e Sudeste, com exceção de Minas Gerais e Goiás, representa a principal causa de morte (FRANÇA et al., 2017).

A etiologia das anomalias é decorrente de causas ambientais, genéticas ou multifatoriais. As causas ambientais são fármacos/drogas, poluentes ambientais, doenças infecciosas e maternas representam 15% dos casos. Em paralelo a isso, os fatores genéticos que abrangem as anormalidades cromossômicas e mutações de único gene correspondem a 30%. Em relação às causas multifatoriais, estas podem ser representadas por interações gênicas teratogênicas e anomalias de origem desconhecida e constituem 55% dos casos (SADLER, 2016).

As anomalias, de acordo com a CID-10, podem ser classificadas em malformações congênitas do sistema nervoso; do olho, do ouvido, da face e do pescoço; do aparelho circulatório; do aparelho respiratório; fendas labiais e palatinas; outras malformações congênitas do aparelho digestivo; malformações congênitas dos órgãos genitais; do aparelho urinário; malformações e deformidades congênitas do sistema osteomuscular; outras malformações congênitas e anomalias cromossômicas não classificadas em outra parte (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2008). No Brasil, os dados referentes aos nascidos vivos são coletados a partir da Declaração de Nascido Vivo (DNV) e registrados no Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), com o intuito de fornecer informações acerca dos nascidos vivos, da mãe, da gravidez, do parto e outros (BRASIL, 2011).

Como já citado, as anomalias congênitas do sistema nervoso apresentam quantitativo elevado em relação às demais (ALMEIDA et al., 2016; WESTPHAL et al., 2016; SILVA et al.,

2018). Estas ocorrem durante o desenvolvimento embrionário em virtude de defeitos do tubo neural e malformações da medula espinhal; distúrbios de especificação estrutural; anomalias da fossa posterior, tronco encefálico e cerebelo; distúrbios de crescimento do cérebro; e desordens de crescimento e forma do crânio (KLIEGMAN et al., 2014).

As anomalias podem ser detectadas durante o acompanhamento no pré-natal por meio de técnicas como ultrassonografia, teste sorológico materno e outras. Além disso, deve-se destacar o planejamento familiar como um dos pontos importantes na prevenção de algumas anomalias (SADLER, 2016). As medidas preventivas podem ser iniciadas antes da concepção e da percepção do risco, como, por exemplo, a suplementação do ácido fólico no período periconcepcional e durante a gestação, principalmente no primeiro trimestre, pode reduzir a incidência e recorrência dos defeitos do tubo neural. Deve-se destacar que os defeitos do tubo neural também são decorrentes de fatores genéticos (KLIEGMAN et al., 2014; SADLER, 2016). É uma temática que merece atenção, especialmente por parte dos profissionais de saúde e gestores, em razão do quantitativo elevado de casos, da gravidade e repercussão na vida da criança e seus familiares.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 NOVA ARQUITETURA DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL MULTICRITÉRIO

A partir do arcabouço teórico apresentado nos capítulos anteriores, foi possível desenvolver uma nova arquitetura do MC-SDSS para dar suporte à tomada de decisão sobre os níveis de prioridade para intervenção aplicada à Epidemiologia. A nova arquitetura usa e replica a arquitetura de SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014), utilizando-as como critérios e subcritérios. Cada subcritério, por sua vez, é processado particularmente gerando como resultado um mapa de decisão georreferenciado. Isto é, cada geo-objeto da região geográfica referente a um subcritério específico é averiguado, conforme as informações do SDSS usando: dados espaciais, não espaciais, análise estatística, análise espacial e espaço-temporal, que são aglutinadas por um sistema *fuzzy* baseado em regras e que produziram o mapa. Em seguida, esses resultados são analisados e combinados por um MCDM, produzindo um mapa de decisão final que aponta como alternativas quatro níveis de prioridade: “não prioritário”, “tendência a não prioritário”, “tendência a prioritário” e “prioritário”, aplicados ao problema em questão (Figura 5).

Em relação aos níveis de prioridades, para o presente estudo a “tendência a não prioritário” é utilizada quando o geo-objeto não pertence a um aglomerado espacial e nem espaço-temporal significativo, porém, apresenta uma RIE acima de 2 e um coeficiente de correlação positivo ou negativo da RIE nos últimos cinco anos. Por outro lado, recorre-se à “tendência a prioritário” quando um geo-objeto pertence a um aglomerado espacial significativo, RIE acima de 2, coeficiente de correlação positivo da RIE, mas o aglomerado espaço-temporal não é significativo. Outra situação da “tendência a prioritário” pode ser verificada quando o geo-objeto pertence a um aglomerado espaço-temporal significativo, RIE acima de 2, coeficiente de correlação positivo da RIE, mas o aglomerado espacial não é significativo.

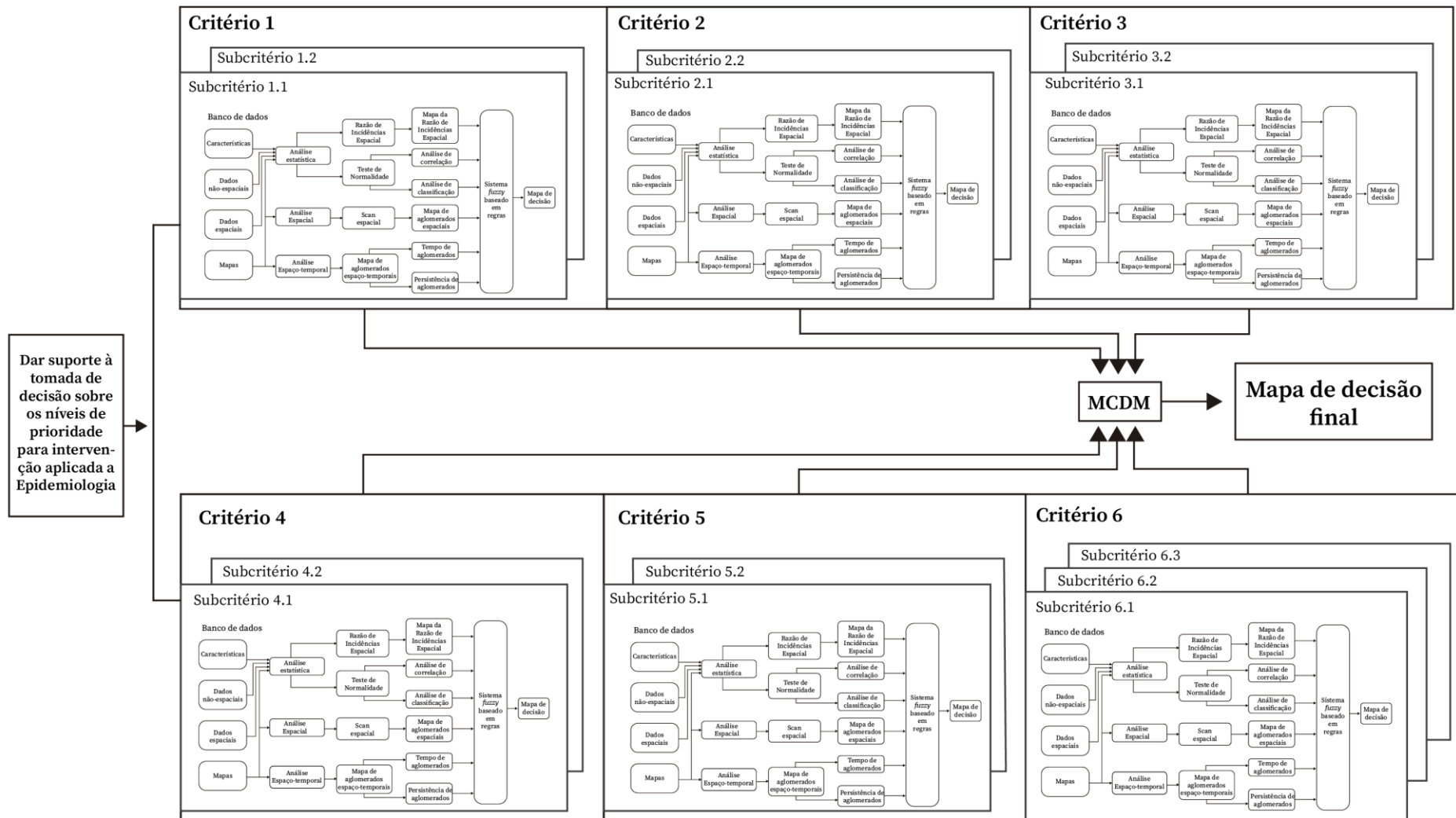
A nova arquitetura proposta validou-se em um estudo desenvolvido por Lima et al. (2019b) a partir de casos de tuberculose no município de João Pessoa, ano de 2013, e utilizou dois critérios e quatro subcritérios, a arquitetura de SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014) e a WLC. Constatou-se quatro níveis de prioridade para o enfrentamento dessa doença, e, a maioria dos bairros (36), foram considerados como “não prioritário”, treze com “tendência a prioritário”; dez foram “prioritários”, e cinco com “tendência a não prioritário”. Os bairros

analisados como “tendência a prioritário” e “prioritário” estavam localizados em regiões com maiores densidades populacionais ou vulnerabilidade socioeconômica, corroborando a literatura científica (LIMA et al., 2019b).

A nova arquitetura pode se adequar a qualquer problema epidemiológico, uma vez que são estruturados de maneira similar, como nos exemplos: tuberculose (LIMA et al., 2019b) e anomalias congênitas do sistema nervoso, disponível na seção Resultados. Isso demonstra que a nova arquitetura apresenta uma abordagem genérica que pode ser utilizada em contextos e momentos diferentes e possibilita ajustes conforme o tema em questão. Além disso, pode ser caracterizada como uma arquitetura que permite uma saída de fácil entendimento que corresponde a um mapa de decisão final, conforme a Figura 12 disponibilizada na seção Resultados. Desse modo, pode auxiliar o gestor público a tomar decisões de maneira assertiva.

No presente trabalho utilizou-se os casos de anomalias congênitas do sistema nervoso no estado da Paraíba, ano de 2017, para apresentar adequação e testar o funcionamento da nova arquitetura. Além dos dados no período de 2013 a 2017 para calibrar e desenvolver os SDSS, e o ano de 2017 para exemplificar o estudo. A seguir, serão apresentados os critérios específicos para o problema em questão.

Figura 5 - Nova arquitetura do sistema de apoio à decisão espacial multicritério aplicada a problemas epidemiológicos



Fonte: Elaboração própria

4.2 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DA NOVA ARQUITETURA

Para compor a nova arquitetura, foi necessário eleger critérios e subcritérios. Os critérios foram selecionados e fundamentados a partir do conhecimento dos especialistas após a aplicação de um questionário. Foram usadas as variáveis do SINASC (critérios), referentes às informações da mãe e dos nascidos vivos, tais como: semanas gestacionais, número de consultas no pré-natal, índice de Apgar no 1º minuto e 5º minuto e peso ao nascer. Por utilizar o banco de dados do SINASC, não foi viável verificar a história familiar para doenças genéticas ou anomalias congênitas, a utilização de medicamentos e fatores de exposição, o que impossibilitou o conhecimento de outras variáveis importantes para a doença em questão. Elencou-se também o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), critério relacionado ao município. Os subcritérios foram identificados conforme a literatura científica. A seguir, serão apresentados os critérios utilizados.

4.2.1 Semanas gestacionais

A idade gestacional pode ser classificada em: recém-nascidos pré-termo, a termo e pós-termo conforme o Ministério da Saúde. Os recém-nascidos pré-termo são aqueles que nasceram antes da 37ª semana de gestação; a termo entre 37ª semana e 41ª semanas e 6 dias de gestação; e pós-termo na 42ª semana ou mais de gestação (BRASIL, 2016).

Um estudo desenvolvido nos hospitais de Fortaleza, Ceará, verificou que houve associação estatística da semana gestacional com as anomalias congênitas do sistema nervoso (FONTOURA; CARDOSO, 2014). Outra pesquisa, utilizando dados de maternidades de São Paulo, constatou maior chance de anomalia congênita em prematuros (menor que 37 semanas), baixo peso ao nascer, gestações múltiplas e gestantes com idade acima de 40 anos e menores de 19 anos (COSME; LIMA; BARBOSA, 2017).

4.2.2 Número de consultas no pré-natal

O Ministério da Saúde preconiza, no mínimo, seis consultas de pré-natal (BRASIL, 2013). Assistência ao pré-natal iniciada precocemente possibilita prevenir, identificar e tratar qualquer alteração ou fatores de risco, seja materno ou fetal (BRASIL, 2013). No período de 2005 a 2015, o Brasil apresentou uma elevada cobertura no pré-natal, contudo, com uma baixa qualidade de assistência em virtude de não solicitar os exames laboratoriais de rotina, os

procedimentos básicos indicados, as prescrições e orientações durante as consultas (NUNES et al., 2016).

4.2.3 Índice de Apgar

Tem sido usado como um índice de saúde no período neonatal imediato em que é avaliado a cor, frequência cardíaca, irritabilidade reflexa, tônus muscular e respiração. Cada item recebe uma pontuação de 0, 1 ou 2 (APGAR, 1953). No entanto, o escore do Apgar, isoladamente, não prediz mortalidade ou disfunção neurológica, uma vez que este é afetado por muitos fatores, incluindo idade gestacional, medicações maternas, condições cardiorrespiratórias e neurológicas (WATTERBERG et al., 2015). A maior chance de anomalia congênita acontece em nascidos vivos com índice de Apgar menor que 7 e outros fatores associados (ANDRADE et al., 2017; LUZ, KARAM, DUMITH, 2019).

4.2.4 Peso ao nascer

Pode ser classificado em peso adequado ou baixo peso ao nascer. O peso adequado pode ser definido por um peso ao nascer superior a 2.500 gramas, e o baixo peso inferior a 2.500 gramas (até 2.499 gramas inclusive), conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014). O baixo peso tem sido considerado um fator de risco importante para a mortalidade infantil (BRASIL, 2012). Além disso, tem sido evidenciado em associação com a anomalia congênita, talvez por fatores genéticos ou ambientais estarem implicando na gênese do baixo peso (PINTO, NASCIMENTO, 2007; COSME, LIMA, BARBOSA, 2017).

Alguns fatores como: o peso do nascido vivo (baixo peso), idade gestacional (prematuridade), idade materna (menor que 20 anos e igual ou maior a 35 anos), menores índices de Apgar, fatores genéticos e deficiência de ácido fólico, podem estar relacionados aos defeitos do tubo neural, que são os responsáveis pela maior proporção de anomalias congênitas do sistema nervoso (GUARDIOLA et al., 2009; PANTE et al., 2011; FONTOURA, CARDOSO, 2014; KLIEGMAN et al., 2014).

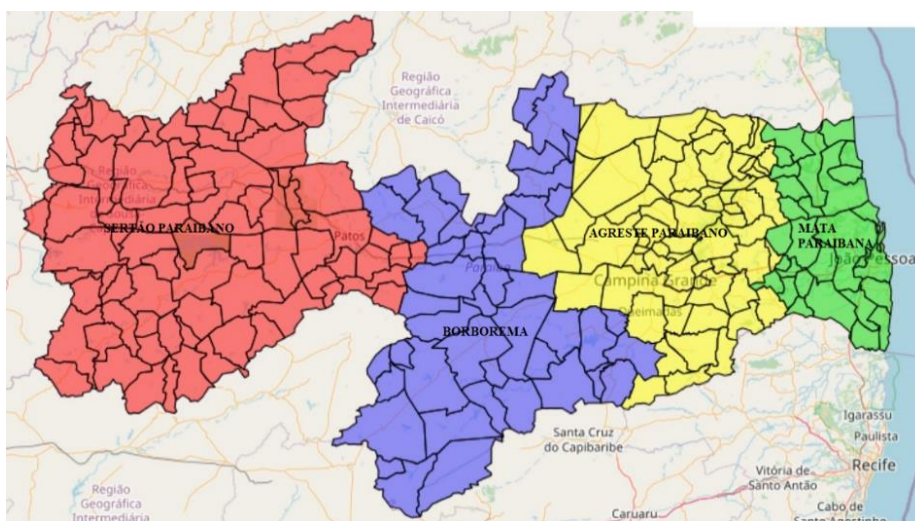
4.2.5 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

É uma medida constituída por indicadores de dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice pode variar entre 0 e 1, no entanto, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano do município. As faixas são classificadas em: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo. O IDHM possibilita comparar a realidade entre os municípios brasileiros, ampliar o conceito de desenvolvimento centrado nas pessoas e estimular a implementação e formulação de políticas públicas baseada na realidade do município (ATLAS, 2020). O estado da Paraíba, baseando-se nos dados da Pesquisa Nacional da Amostra de Domicílios, apresentou um IDHM de 0,722, classificado na faixa de alto desenvolvimento humano, ocupando a 19ª colocação entre as unidades federativas, no ano de 2017 (ATLAS, 2020).

4.3 ÁREA DO ESTUDO

Para o presente estudo elegeu-se o estado da Paraíba, situado na região nordeste do Brasil. O estado apresenta limites com os estados do Rio Grande do Norte ao norte, Ceará a oeste, Pernambuco ao sul e o Oceano Atlântico a leste e ocupa uma extensão territorial de 56.468,560 km². A população, conforme o censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é de 3.766.528 habitantes. O estado da Paraíba é composto de 223 municípios divididos em quatro mesorregiões (Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano), conforme pode ser observado na Figura 6 (IBGE, 2011).

Figura 6 - Mapa das mesorregiões da Paraíba



Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs, 2020). Disponível em:

<http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/>. Acesso em: 02 de março de 2019.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO E ANÁLISE DOS DADOS

Estudo do tipo quantitativo, exploratório e ecológico. Utilizou-se os dados secundários provenientes do SINASC referentes aos nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso, no período de 2013 a 2017, disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

Inicialmente, realizou-se uma seleção das variáveis de interesse (critérios) no banco de dados do SINASC: semanas gestacionais, número de consultas no pré-natal, índice de Apgar no 1º minuto e no 5º minuto e peso ao nascer. Outras variáveis foram excluídas por estarem confundindo os achados, como, por exemplo, idade da mãe e tipo de parto. Um outro critério usado foi o IDHM, que não pertence ao banco de dados citado. A escolha desses critérios baseou-se na opinião dos especialistas a partir de um questionário aplicado.

No SDSS, módulo da análise estatística, a RIE foi averiguada para cada município do estado da Paraíba no período de 2013 a 2017. Como os dados do estudo não seguem uma distribuição que se aproxima da distribuição normal escolheu-se o coeficiente de correlação de Spearman. Por sua vez, o coeficiente teve a função de analisar o grau de correlação da RIE nos últimos cinco anos para cada uma das cidades. Na análise de classificação utilizou-se o método do Paralelepípedo *fuzzy* para classificar os municípios segundo as classes da RIE para o ano de 2017. Em relação à análise espacial e espaço-temporal, utilizou-se os métodos Scan espacial e Scan espaço-temporal retrospectivo, respectivamente. Em ambas as análises avaliou-se os valores de 0,1% a 10% da população sob risco e acresceu-se o tempo de persistência de um, dois e três anos no espaço-temporal. Os mapas da estatística Scan espacial foram analisados para cada ano e do Scan espaço-temporal, conforme o ano e a persistência do aglomerado, usando como base os mapas da RIE. Esses resultados foram aglutinados por um sistema *fuzzy* baseado em regras. Todas essas informações foram verificadas para cada subcritério do problema em questão. Em seguida, esses achados foram combinados e analisados pelo AHP.

Os dados foram armazenados em uma planilha eletrônica e analisados no *software* estatístico livre e gratuito R. Uma parte da análise espaço-temporal foi examinada no *software* *SaTScan*.

4.5 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto foi submetido à avaliação pela Plataforma Brasil, tendo sido aprovado com o número do parecer 1.980.818 (CAEE nº 64574017.5.0000.5188), respeitando assim, os critérios

estabelecidos na Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a pesquisa em seres humanos.

5 RESULTADOS

No período de 2013 a 2017, foram notificados 474 casos de anomalias congênitas do sistema nervoso no estado da Paraíba. A idade materna foi frequente na faixa etária entre 20 e 30 anos. Em relação ao estado civil das mulheres, a maioria era solteira ou estava em união consensual. Em geral, as mães estudaram por um período de 8 a 11 anos. Em relação à gestação, mais da metade das mulheres realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal. A maioria eram mães de recém-nascidos a termo, gestação única e o tipo de parto mais usual foi o cesáreo, conforme os cinco anos analisados (Tabela 1).

Tabela 1 - Características epidemiológicas das mães, estado da Paraíba, Brasil, 2013-2017
(Continua)

Variáveis	2013		2014		2015		2016		2017	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Faixa etária										
Até 19 anos	10	22,22	8	13,55	42	23,60	29	21,64	13	22,41
20 a 30 anos	27	60,00	33	55,93	94	52,80	72	53,73	30	51,73
31 a 39 anos	8	17,78	15	25,42	39	21,92	30	22,39	14	24,14
40 anos ou mais	0	0,00	3	5,10	3	1,68	3	2,24	1	1,72
Estado civil										
Solteira	15	33,33	18	30,50	66	37,07	48	35,82	19	32,76
Casada	13	28,90	16	27,12	40	22,47	31	23,13	18	31,03
Viúva	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,72
Divorciada	2	4,44	0	0,00	3	1,70	1	0,75	20	34,49
União consensual	15	33,33	24	40,68	66	37,07	51	38,05	0	0,00
Ignorado	0	0,00	0	0,00	1	0,57	1	0,75	0	0,00
Não preenchido	0	0,00	1	1,70	2	1,12	2	1,50	0	0,00
Escolaridade e (anos de estudo)										
0 a 3	2	4,44	3	5,10	5	2,81	4	2,10	4	6,90
4 a 7	15	33,33	22	37,28	45	25,29	46	34,33	11	18,96
8 a 11	24	53,33	25	42,37	106	59,55	73	54,48	38	65,52
12 e mais	4	8,90	8	13,55	20	11,23	9	6,71	3	5,17
Ignorado	0	0,00	0	0,00	1	0,56	1	0,75	2	3,45
Não preenchido	0	0,00	1	1,70	1	0,56	1	0,75	0	0,00
Consulta pré-natal										
Nenhuma	1	2,22	2	3,40	4	2,24	1	0,75	1	1,72
1 a 3	1	2,22	6	10,17	13	7,30	9	6,72	6	10,35
4 a 6	16	35,56	17	28,81	54	30,33	40	29,85	15	25,86

Tabela 1 - Características epidemiológicas das mães, estado da Paraíba, Brasil, 2013-2017
(Continuação)

Variáveis	2013		2014		2015		2016		2017	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
7 e mais	25	55,56	30	50,85	97	54,50	80	59,70	36	62,07
Ignorado	2	4,44	4	6,77	10	5,62	4	2,98	0	0,00
Semanas gestacionais										
Menor de 37 semanas	15	33,33	16	27,12	32	17,98	23	17,16	19	32,76
37 a 41 semanas	28	62,23	40	67,80	137	76,96	108	80,60	38	65,52
42 semanas e mais	2	4,44	3	5,08	6	3,37	2	1,50	0	0,00
Não preenchido	0	0,00	0	0,00	3	1,69	1	0,74	1	1,72
Tipo de gravidez										
Única	42	93,33	57	96,61	174	97,75	131	97,76	57	92,28
Dupla	3	6,67	2	3,39	3	1,68	3	2,24	1	1,72
Não preenchido	0	0,00	0	0,00	1	0,57	0	0,00	0	0,00
Tipo de parto										
Vaginal	11	24,44	14	23,73	79	44,38	51	38,06	14	24,14
Cesáreo	34	75,56	45	76,27	99	55,62	83	61,94	44	75,86
Total	45	100,00	59	100,00	178	100,00	134	100,00	58	100,00

Legenda: n= número de casos

Fonte: Elaboração própria

Em relação às características dos nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso, durante os cinco anos, mais da metade dos casos eram do sexo feminino. Em geral, nasceram com 2.500 ou mais gramas, isto é, peso adequado, exceto no ano de 2014, em que quase 70% nasceram com baixo peso. Em relação ao índice de Apgar no 1º minuto, mais de 50,0% dos nascidos vivos apresentaram um índice maior ou igual a sete. Além disso, pode-se destacar os anos de 2015 e 2016, em que mais de 70% apresentaram estes mesmos valores. Quanto ao índice de Apgar no 5º minuto, em todos os anos, mais de 70% exibiram valores entre 7 e 10. Os tipos de anomalias congênitas do sistema nervoso, que apresentaram um quantitativo elevado, foram: microcefalia, hidrocefalia congênita e espinha bífida, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 - Características epidemiológicas dos nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso, estado da Paraíba, Brasil, 2013-2017

Variáveis	2013		2014		2015		2016		2017	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Sexo										
Feminino	25	55,56	35	59,32	98	55,05	73	54,48	37	63,80
Masculino	20	44,44	24	40,68	80	44,95	61	45,52	21	36,20
Peso (gramas)										
Menor que 2.500	17	37,78	18	69,50	58	32,59	36	27,87	28	48,28
2.500 e mais	28	62,22	41	30,50	120	67,41	98	73,13	30	51,72
Índice de Apgar 1º minuto										
0 a 3	10	22,22	16	27,12	23	12,92	15	11,19	14	24,14
4 a 6	7	15,56	13	22,03	19	10,68	16	11,94	10	17,24
7 a 10	28	62,22	30	50,85	134	75,28	101	75,37	32	55,17
Não preenchido	0	0,00	0	0,00	2	1,12	2	1,50	2	3,45
Índice de Apgar 5º minuto										
0 a 3	7	15,56	10	16,95	13	7,30	9	6,72	7	12,07
4 a 6	4	8,89	7	11,86	12	6,74	10	7,46	7	12,07
7 a 10	34	75,55	42	71,19	151	84,84	113	84,32	41	70,69
Não preenchido	0	0,00	0	0,00	2	1,12	2	1,50	3	5,17
Tipos										
Anencefalia e malformações similares	9	20,00	13	22,03	12	6,74	9	6,72	8	13,79
Encefalocele	4	8,89	1	1,70	4	2,25	1	0,74	6	10,34
Microcefalia	3	6,67	5	8,47	133	74,71	75	55,97	7	12,07
Hidrocefalia congênita	16	35,56	21	35,60	16	9,00	28	20,90	17	29,31
Outras malformações congênitas do cérebro	2	4,44	3	5,08	3	1,68	4	2,98	3	5,17
Espinha bífida	7	15,56	14	23,72	9	5,05	15	11,19	16	27,59
Outras malformações congênitas da medula espinhal	2	4,44	1	1,70	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Outras Malformações Congênitas do Sistema Nervoso Central	2	4,44	1	1,70	1	0,56	2	1,50	1	1,73
Total	45	100,00	59	100,00	178	100,00	134	100,00	58	100,00

Legenda: n = número de casos

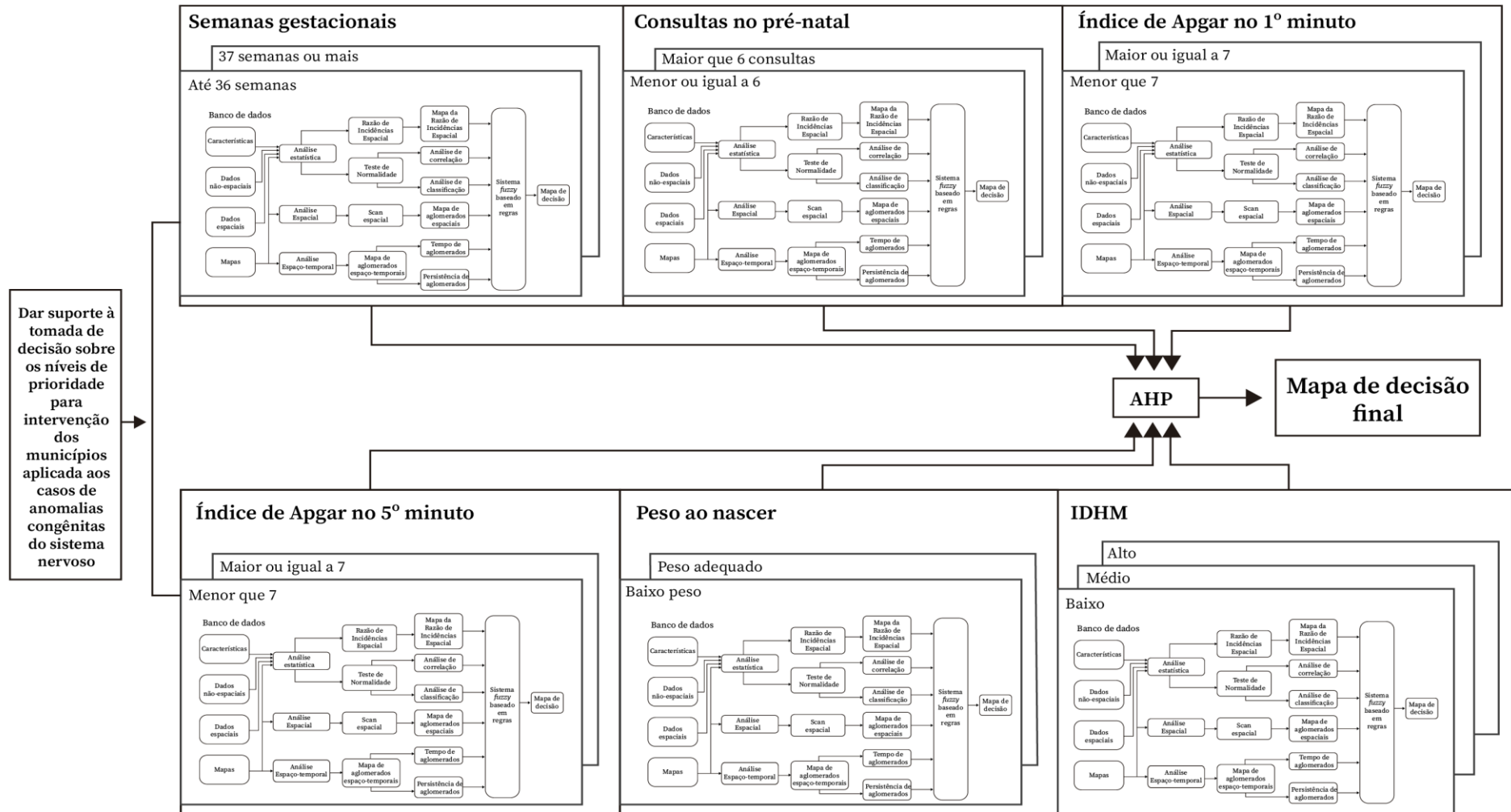
Fonte: Elaboração própria

De maneira geral, tanto as características epidemiológicas das mães quanto as dos nascidos vivos não apresentam fatores de risco esperados para ocorrência das anomalias congênitas. Isso dificulta a tomada de decisão por parte dos gestores, seja para definir políticas específicas ou definir prioridades. Desse modo, ressalta-se a relevância e utilidade de um sistema que possa permitir a definição de pelo menos uma delas, o que, nesse caso, seria a definição das prioridades.

Para demonstrar a funcionalidade da nova arquitetura nos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso, os especialistas responderam a um questionário, em que eles elegeram os critérios e concederam os pesos, ao passo que os subcritérios foram identificados e baseados em pesquisas que contemplavam as anomalias congênitas. Os critérios usados foram: semanas gestacionais, consultas no pré-natal, índice de Apgar no 1º e no 5º minuto, peso ao nascer e IDHM. Os subcritérios: até 36 semanas gestacionais; maior ou igual a 37 semanas gestacionais; menor ou igual a 6 consultas; maior que 6 consultas; índice de Apgar no 1º minuto menor que 7; índice de Apgar no 1º minuto maior ou igual a 7; índice de Apgar no 5º minuto menor que 7; índice de Apgar no 5º minuto maior ou igual a 7; baixo peso ao nascer, peso adequado ao nascer; IDHM alto, médio e baixo. Deve ser ressaltado que os municípios paraibanos apresentaram apenas essas três faixas do IDHM.

Como pode ser visualizado na Figura 7, os subcritérios foram analisados pela arquitetura SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014) de modo independente, produzindo como resultado um mapa georreferenciado. Posteriormente, o mapa de decisão do SDSS resultante de cada subcritério tornou-se uma entrada para o AHP e foram avaliados, usando os pesos atribuídos pelos especialistas. Logo, como resultado, foi obtido um novo mapa de decisão final indicando quatro alternativas para dar suporte à tomada de decisão sobre os níveis de prioridades para intervenção dos municípios do estado da Paraíba, aplicado aos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso: “não prioritário”, “tendência a não prioritário”, “tendência a prioritário” e “prioritário”. Os níveis “tendência a não prioritário” e “tendência a prioritário” foram utilizados conforme explanados na Seção 4.1.

Figura 7 - Nova arquitetura do sistema de apoio à decisão espacial multicritério aplicada aos casos de anomalias congênicas do sistema nervoso



Fonte: Elaboração própria

No SDSS, utilizou-se as seguintes variáveis linguísticas de entrada: RIE, coeficiente de correlação de Spearman, método do Paralelepípedeo *fuzzy*, Scan espacial, Scan espaço-temporal retrospectivo, tempo do aglomerado espaço-temporal, persistência do aglomerado espaço-temporal, e como variável linguística de saída: níveis de prioridade de cada município. Para exemplificar a arquitetura de SDSS que compõe a nova arquitetura, utilizou-se o subcritério baixo peso ao nascer, conforme a Tabela 3.

As funções de pertinência usadas para as variáveis de entrada e saída do SDSS foram do tipo trapezoidal e triangular, a partir dos dados analisados em conformidade aos histogramas. A função trapezoidal foi usada para a RIE, coeficiente de correlação de Spearman, método do Paralelepípedeo *fuzzy*, tempo de aglomerado espaço-temporal e níveis de prioridades, enquanto o Scan espacial, Scan espaço-temporal e a persistência do aglomerado espaço-temporal foram utilizados do tipo triangular. Dessa maneira, as variáveis linguísticas, termos linguísticos, e as funções de pertinência foram comuns para todos os subcritérios, sendo distinto apenas o domínio extraído dos dados analisados. As regras utilizadas foram baseadas na arquitetura de Moraes, Nogueira e Sousa (2014), contudo, foi necessário realizar adaptações devido às características próprias do agravo e seus parâmetros. Por essas razões, novas regras foram introduzidas, totalizando 311 regras (APÊNDICE A).

Tabela 3 - Variáveis linguísticas, termos linguísticos e domínio utilizado no SDSS referente ao subcritério baixo peso ao nascer (Continua)

Variável linguística de entrada	Explicação da variável linguística	Termos linguísticos	Domínio
Razão de Incidências Espacial	Município de acordo com a RIE	Muito alta	1.99, 2.08, 33, 34
		Alta	1.49, 1.58, 1.99, 2.08
		Média	0.99, 1.08, 1.49, 1.58
		Baixa	0.49, 0.58, 0.99, 1.08
		Muito baixa	-1, 0, 0.49, 0.58
Coeficiente de correlação de Spearman	Grau de correlação da RIE no período de 2013 a 2017 para cada município	Alta positiva	0.658, 0.795, 0.995, 1.5
		Moderada positiva	0.185, 0.34, 0.6382, 0.812
		Fraca	-0.331, -0.178, 0.176, 0.35
		Moderada negativa	-0.803, -0.666, -0.3422, -0.183
		Alta negativa	-1.5, -1, -0.8, -0.68
Método do Paralelepípedeo fuzzy	Município classificado conforme as classes da RIE	Muito alta RIE	1.99, 2.084, 33, 34
		Alta RIE	1.49, 1.58, 1.99, 2.08
		Média RIE	0.99, 1.08, 1.49, 1.58
		Baixa RIE	0.4999, 0.583, 0.99, 1.08
		Muito baixa RIE	1.2e-10, 0.1, 0.4999, 0.58
		Ausência da RIE	-1.2, -0.6, 0, 0.1

Tabela 3 - Variáveis linguísticas, termos linguísticos e domínio utilizado no SDSS referente ao subcritério baixo peso ao nascer (Continuação)

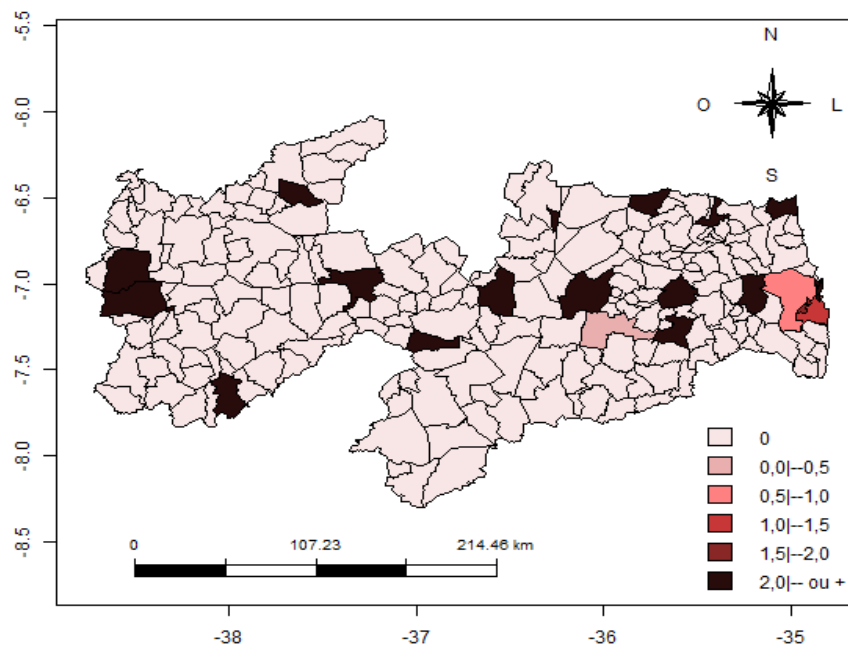
Variável linguística de entrada	Explicação da variável linguística	Termos linguísticos	Domínio
Scan espacial	Município com presença ou ausência de aglomerado espacial	Com Scan	0.95, 1, 1.05
		Sem Scan	-0.05, 0, 0.05
Scan espaço-temporal	Município com presença ou ausência de aglomerado espaço-temporal	Com Scan Sem Scan	0.95, 1, 1.05 -0.05, 0, 0.05
Tempo do aglomerado espaço-temporal	Período (ano) em que o município apresentou aglomerado espaço-temporal significativo	Muito recente	2015.5, 2016, 2017, 2019
		Recente	2014, 2014.5, 2015.5, 2016
		Não recente	2009, 2013, 2014, 2014.5
Persistência do aglomerado espaço-temporal	Tempo de persistência em que município foi um aglomerado espaço-temporal significativo	Sem persistência	-0.9965, 0.0035, 0.8896
		1 ano	0.106, 1, 1.892
		2 anos	1.115, 2, 2.91
		3 anos	2.11, 3, 3.85
Variável linguística de saída	Níveis de prioridade dos municípios		
		Identificação dos níveis de prioridade para intervenção dos municípios	
		Prioritário	0.721, 0.9, 1.03, 1.3
		Tendência a prioritário	0.397, 0.6, 0.7, 0.9233
		Tendência a não prioritário	0.07855, 0.301, 0.401, 0.602
		Não prioritário	-0.3, -0.0333, 0.1, 0.2855

Fonte: Elaboração própria

A seguir, serão apresentados os mapas resultantes da arquitetura SDSS referente ao subcritério citado, conforme as Figuras 8, 9, 10 e 11. O resultado dos SDSS relativos aos demais subcritérios estão no APÊNDICE B.

Na Figura 8, é possível verificar o mapa da RIE das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso ao nascer na Paraíba, ano de 2017. A RIE variou entre 0 e 32,08 por mil habitantes. O seu maior registro aconteceu em um município situado ao nordeste do estado. No estado, 18 municípios apresentaram uma RIE maior ou igual a 1 e estavam dispersos por todo estado da Paraíba.

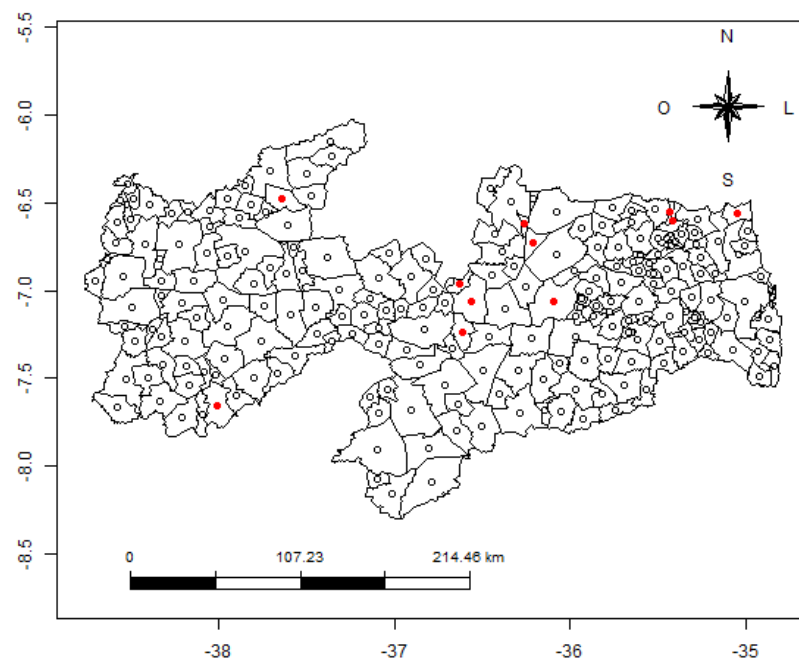
Figura 8 - Mapa da RIE das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso ao nascer, ano de 2017, estado da Paraíba



Fonte: Elaboração própria

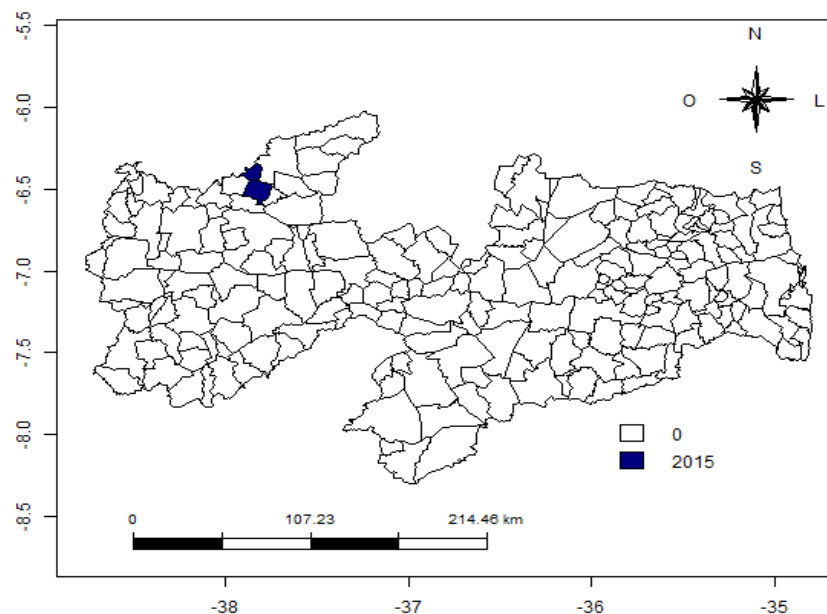
Em relação à análise espacial, foram detectados 11 aglomerados distribuídos pelo estado, população sob risco de 0,4%, e a maioria coincidiu com os maiores índices da RIE. Na análise espaço-temporal, Figura 10, população sob risco de 1%, o tempo de persistência de 1 ano, ano de 2015, foi detectado apenas um aglomerado espaço-temporal, composto pelos municípios de Brejo dos Santos e Jericó, localizado ao noroeste do estado. Para ambas as análises, foram utilizados os mapas da RIE como referência.

Figura 9 - Scan espacial das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso ao nascer, ano 2017, Paraíba



Fonte: Elaboração própria

Figura 10 - Scan espaço-temporal das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo peso ao nascer, ano 2017, Paraíba

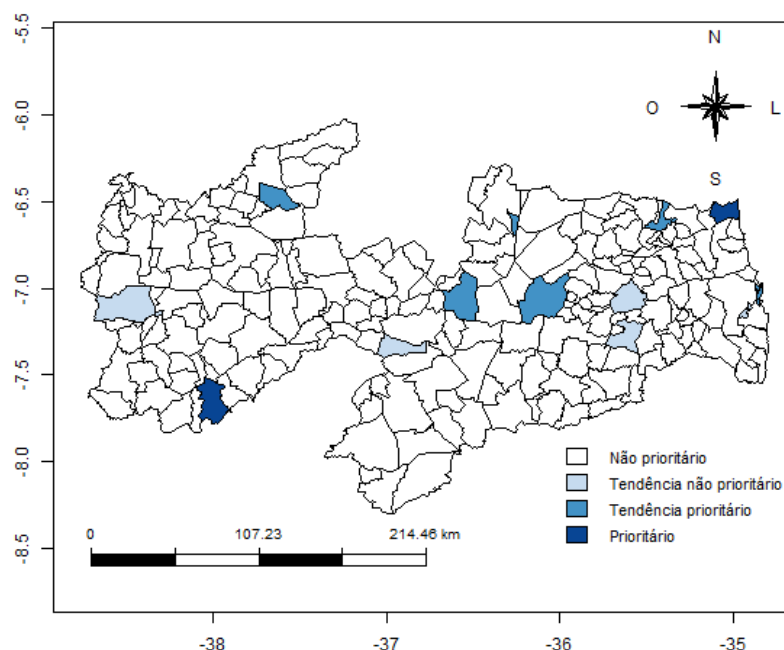


Fonte: Elaboração própria

O mapa de decisão georreferenciado do SDSS apontou os níveis de prioridades dos municípios aplicados aos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao

subcritério baixo peso, ano de 2017. Dos 223 municípios, 210 foram considerados como “não prioritários” e estavam dispersos por todo estado. Cinco com “tendência a não prioritário”, seis com “tendência a prioritário” com maior concentração a leste e dois considerados como “prioritários”, como pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 - Mapa de decisão do SDSS das anomalias congênitas do sistema nervoso referente ao subcritério baixo ao nascer, ano de 2017, Paraíba



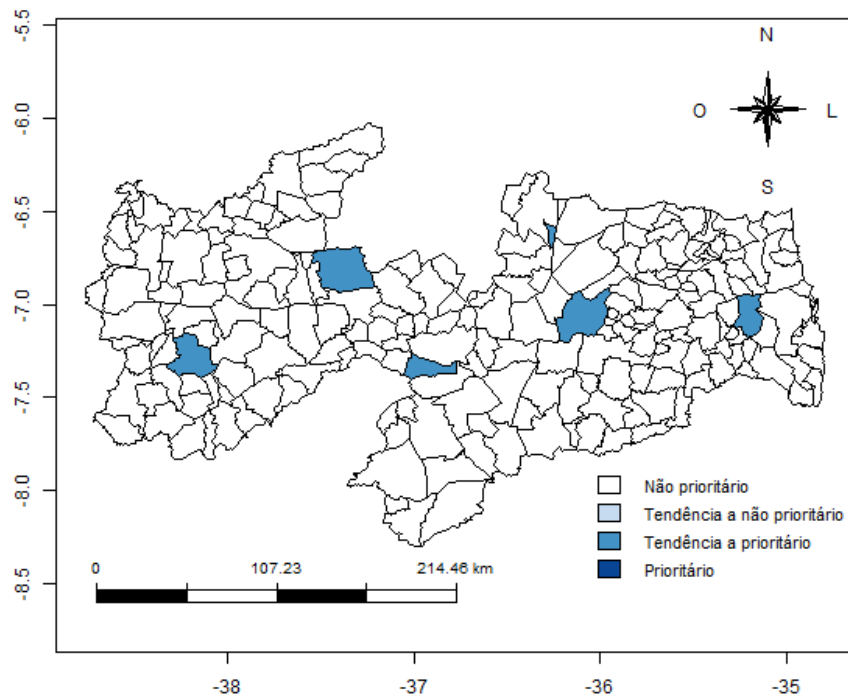
Fonte: Elaboração própria

Como já mencionado, os resultados provenientes do SDSS de Moraes, Nogueira e Sousa (2014) de cada subcritério servem como entrada para o AHP, em seguida, foram examinados e combinados, utilizando os pesos conforme as sugestões dos especialistas, gerando o resultado o mapa de decisão final. Os especialistas responderam ao questionário que foi baseado na escala fundamental de Saaty (1990), conforme o Quadro 3, indicando quantas vezes mais relevante é um critério em relação a outro. A posteriori, realizou-se os cálculos para verificar a consistência no julgamento desses especialistas. No presente trabalho, a razão de consistência foi de 0,05, o que evidencia essa consistência.

Conforme a Figura 12, o mapa de decisão final aponta os níveis de prioridades para intervenção dos municípios da Paraíba aplicada aos casos de anomalias congênitas do sistema nervoso: “não prioritário”, “tendência a não prioritário”, “tendência a prioritário” e “prioritário”

e demonstra que a maioria dos municípios foram considerados como “não prioritário” e seis como “tendência a prioritário” dispersos no estado.

Figura 12 - Mapa de decisão final da nova arquitetura



Fonte: Elaboração própria

Esses resultados propiciam ao gestor visualizar os municípios: Sapé, Pocinhos, Baraúna, Livramento, Itaporanga e São José de Espinharas, que necessitam de intervenção com relação às anomalias congênitas do sistema nervoso. Uma das possibilidades de intervenção pode ser o fortalecimento das políticas de atenção à saúde voltadas a essa população.

6 DISCUSSÃO

A nova arquitetura proposta permitiu a incorporação de vários critérios envolvendo aspectos da mãe, do nascido vivo e do município, julgamento de especialistas, além da combinação de características espaciais e não-espaciais, resultando em um mapa de decisão final com os níveis de prioridades para intervenção dos municípios do estado da Paraíba aplicada às anomalias congênitas do sistema nervoso. Deve ser enfatizado que, após uma vasta busca na literatura científica, não foram encontradas pesquisas com características semelhantes.

O estudo evidenciou no mapa de decisão final apenas dois níveis de prioridade: “não prioritário” e a “tendência a prioritário”, talvez pelo fato de ser uma doença rara, assim como consideram as Diretrizes para Atenção Integral às Pessoas com Doenças Raras no Sistema Único de Saúde – SUS (BRASIL, 2014). Além disso, as causas das anomalias congênitas são ambientais, genéticas ou multifatoriais, sendo que, em sua maioria, apresentam origem desconhecida (SADLER, 2016), e isso pode influenciar negativamente no acompanhamento dessa doença. Para este trabalho de tese, a fonte de dados utilizada não viabiliza informações sobre a etiologia, o que fragiliza o processo de tomada de decisão. As quatro mesorregiões do estado apresentaram municípios com “tendência a prioritário”. A maior parte dessas cidades são consideradas de pequeno porte e estão situadas a mais de 200 quilômetros da capital, isso pode prejudicar o acesso aos principais centros de referência, especialmente aos hospitais e maternidades especializadas em gestação de alto risco ou aos serviços especializados para o acompanhamento dessa criança. Desse modo, são municípios que precisam de intervenções, e, se existir disponibilidade e recursos públicos, deve ser investida e fortalecida a atenção e assistência à saúde desta população.

Além de que, o perfil médio da população deste estudo não exhibe fatores de risco prováveis para os casos das anomalias congênitas, prejudicando assim, a identificação das prioridades e a tomada de decisão da gestão. Diante disso, ressalta-se a importância de uma metodologia MC-SDSS que irá contemplar informações que, muitas vezes, não são levadas em consideração e possibilita identificar as prioridades para intervenção, auxiliando o gestor na tomada de decisão.

Em algumas investigações, empregou-se a estrutura do MC-SDDS utilizando o AHP com o intuito de identificar local para aterro sanitário (KHOSHAND et al., 2018), avaliar a adequação da terra (MODICA et al., 2016), mapear e avaliar os níveis de consciência ambiental de estudantes universitários (BOSTANCI, 2019), o que demonstrou resultados eficazes. O AHP é um dos métodos da MCDM mais evidenciados em publicações e apresenta um número

crescente de pesquisas em virtude da flexibilidade do método, dos *softwares* disponíveis e por auxiliar na tomada de decisão (ADUNLIN, DIABY, XIAO, 2014; ZYOD, FUCHS-HANUSCH, 2017). Ainda é um procedimento capaz de verificar inconsistências no julgamento dos especialistas (SAATY, 2000). No presente estudo, averiguou-se a consistência no julgamento dos especialistas, o que demonstrou o emprego correto e eficaz da metodologia.

Destarte, a MCDM tem sido relevante no campo da saúde, uma vez que as melhores opções – como, por exemplo, alocar recursos, escolher o tipo de intervenção, em geral, são complexos de justificar. Têm sido utilizadas em serviços (públicos e privados), nos tipos de intervenção (prevenção, diagnóstico ou tratamento) e na elaboração de políticas, alocação de recursos, avaliação de tecnologias em saúde e decisões farmacêuticas (GLAIZE et al., 2019). Ocorreu um crescimento no quantitativo de publicação no período entre 2011 e 2015 na área da saúde (GLAIZE et al., 2019). Na literatura, não foram encontrados estudos com MCDM e anomalias congênitas do sistema nervoso.

A arquitetura de SDSS foi utilizada em diferentes estudos epidemiológicos (MORAES, NOGUEIRA, SOUSA, 2014; MELO, MORAES, 2018; SOARES, 2018; LIMA et al., 2019b), como já citados. Seus módulos podem ser eliminados ou alterados conforme a problemática em questão. Além disso, esta passou por mudanças para uma versão aprimorada mantendo os principais fundamentos da análise: estatística, espacial e espaço-temporal. Assim sendo, esse SDSS representou uma etapa importante para o desenvolvimento da nova arquitetura na tomada de decisão, bem como para sua aplicação sobre as anomalias congênitas do sistema nervoso.

Logo, a descrição espacial fornece elementos para estudar, interpretar, ampliar os possíveis fatores etiológicos desse evento, além de identificar objetivamente áreas prioritárias para o direcionamento das ações de saúde (LIMA et al., 2019a). Os mapas usados em conjunto com testes estatísticos podem ser úteis para os pesquisadores da área de saúde por concentrar a atenção em áreas para investigação adicional. Além de mostrarem padrões gerais de doenças, esses mapas podem gerar hipóteses sobre o papel dos fatores ambientais, genéticos ou estilo de vida na etiologia de uma doença (GROISMAN et al., 2017).

Estudos com informações georreferenciadas têm sido empregados em um quantitativo elevado para doenças como tuberculose, hanseníase e dengue (HINO et al., 2011; MONTEIRO et al., 2015; SÁ et al., 2015; GARCIA, DA SILVA, 2016; CHAVES et al., 2017; FREITAS, DUARTE, GARCIA, 2017; MELO, MORAES, 2018), talvez pela facilidade de disseminação desses agravos e por apresentarem uma maior associação com o espaço geográfico em que as pessoas vivem e suas condições de vida. Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas para verificar a análise espacial ou espaço-temporal das anomalias congênitas, ou de alguma

anomalia em específico, em diferentes regiões do mundo (POLETTA et al., 2007; ORIOLI et al., 2011; GILI et al., 2015; GILI et al., 2016). Assim, destaca-se a utilidade e legitimidade dos métodos de aglomeração espacial para tal doença. Entretanto, existem poucas pesquisas voltadas para o grupo de anomalias congênitas do sistema nervoso, tanto na perspectiva epidemiológica quanto da análise espacial, reforçando, dessa forma, outro aspecto sobre a relevância desta pesquisa.

Diante dessa perspectiva, Lima et al. (2019a) e Lima, Vianna e Moraes (2019c) investigaram os aglomerados espaciais e espaço-temporais das anomalias congênitas do sistema nervoso. No primeiro estudo, utilizaram o Scan espacial para detecção de aglomerados espaciais no estado da Paraíba, no período de 2014 a 2016, e constataram que nos anos de 2014 e 2016 os aglomerados estavam dispersos pelo estado da Paraíba. Contudo no ano de 2015 apresentou uma maior concentração ao noroeste do estado, na mesorregião do sertão paraibano. Na pesquisa de Lima, Vianna e Moraes (2019c), utilizando dados do SINASC no período de 2010 a 2016, na Paraíba, verificou-se que os aglomerados espaciais estavam espalhados por diferentes regiões, exceto nos anos de 2013 e 2015, nos quais foram verificados uma maior concentração nas regiões do centro-oeste e noroeste do estado. Na análise espaço-temporal, utilizou-se o Scan espaço-temporal, e foram detectados três aglomerados que persistiram por dois anos (2015-2016) e se concentraram nas regiões nordeste, sudeste e noroeste do estado.

As pesquisas destacam que gestantes com menos de 20 anos de idade ou a partir de 35 anos têm maior risco para as anomalias congênitas (SILVA et al., 2015; ANDRADE et al., 2017). Além da idade, outros fatores podem aumentar a probabilidade de ocorrência de anomalias, como: uso de drogas, renda, escolaridade, número de gestações, menor duração da gestação, maior número de filhos mortos, tipo de parto, baixo peso ao nascer e menor índice de Apgar (PINTO, NASCIMENTO, 2007; FONTOURA, CARDOSO, 2014). No presente estudo, descreveu-se o perfil epidemiológico das mães e nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso no estado da Paraíba e averiguaram-se algumas discrepâncias com a literatura. Os estudos demonstram que mulheres na faixa etária até 19 anos e 40 anos ou mais, nascidos vivos prematuros, isto é, semanas gestacionais menor que 37, e baixo peso ao nascer, são mais frequentes em casos de anomalias congênitas (COSME, LIMA, BARBOSA, 2017; PINTO JÚNIOR et al., 2017; SILVA et al., 2018; LUZ, KARAM, DUMITH, 2019).

Na pesquisa desenvolvida por Pereira, Souza e Santos (2018) com nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso, no período de 2010 a 2014, constatou-se maior número de casos na região Sudeste, seguida do Nordeste, em gestantes na faixa etária entre 20 e 24 anos, na semana gestacional entre 37 a 41 semanas e com tipo de parto cesáreo. Além

disso, verificou-se maior frequência em casos do sexo feminino e com peso adequado. Esses achados assemelham-se ao presente trabalho.

Na presente pesquisa, foi constatado que o número de casos de microcefalia nos anos 2015 e 2016 coincidem com o período de mudança na série histórica da microcefalia no SINASC, cujo valor levou o Ministério da Saúde a decretar situação de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (BRASIL, 2015b). Esse aumento tem sido atribuído à provável exposição intrauterina ao vírus Zika (SCHULER-FACCINI et al., 2016).

A anomalia congênita é uma condição que acarreta grande impacto na sociedade, especialmente no contexto familiar. Em geral, os familiares enfrentam dificuldade em compreender o diagnóstico, em lidar com os preconceitos, além dos obstáculos na busca por uma assistência adequada, da qual a criança dependerá por anos para que tenha uma melhor qualidade de vida (BOLLA et al., 2013). Por isso, o interesse pelo tema, de modo a promover uma maior visibilidade.

O SINASC é uma base de dados utilizada com regularidade em pesquisas científicas, o que evidencia a sua importância. Entretanto, para o presente estudo, não foi possível analisar algumas variáveis relevantes para a anomalia congênita do sistema nervoso por não ser contemplada neste sistema de informação. A limitação da pesquisa está relacionada com o uso de dados secundários que necessitam de uma boa qualidade e rigoroso registro de informações, mas que, algumas vezes, não são plenamente observados. Dessa forma, reforça a necessidade de melhoria no preenchimento dos dados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nova arquitetura desenvolvida permitiu dar suporte à tomada de decisão sob a perspectiva de diferentes critérios e subcritérios, baseando-se na experiência dos especialistas, utilizando-se de vários métodos e gerando um mapa de decisão final com níveis de prioridade para intervenção dos municípios aplicada às anomalias congênitas do sistema nervoso. Esses níveis podem ajudar o gestor a tomar uma decisão de maneira coerente e assertiva e traçar estratégias de intervenção.

Esta arquitetura proporciona resultados de fácil interpretação, especialmente para o gestor em saúde que não lida com esse tipo de metodologia na sua rotina. Ainda pode ser aplicada em outras doenças, outras regiões geográficas, podendo usar ou não os módulos e, portanto, se adapta ao problema em questão. O desenvolvimento e análise dos dados dessa arquitetura foram realizados em um *software* livre e gratuito, ou seja, sem nenhum custo financeiro. Sendo assim, a nova arquitetura proposta apresenta diversas vantagens. Ela foi planejada como uma ferramenta de apoio à decisão aos gestores em saúde, seja no âmbito federal, estadual ou municipal, na identificação de áreas prioritárias para intervenção aplicada a problemas epidemiológicos. Assim, pode auxiliar no aprimoramento do planejamento que implica na melhoria dos serviços de saúde para lidarem com o problema colaborando para uma melhor qualidade de vida da população.

Além disso, o trabalho de tese possibilitou conhecer as características epidemiológicas das mães e dos nascidos vivos com anomalias congênitas do sistema nervoso. Assim, contribuiu-se para a gestão em saúde e os profissionais de saúde proporcionando informações para auxiliar no desenvolvimento de ações voltadas a assistência materno-infantil.

Como o estudo possuiu um caráter interdisciplinar, ele pôde contribuir em várias áreas do conhecimento, principalmente nas Ciências Exatas e da Saúde. É esperado que esses achados possam favorecer e fortalecer os estudos na epidemiologia espacial utilizando os múltiplos critérios e o processo de cuidado em saúde. Como também possa servir de base para a construção de outros sistemas de apoio à decisão.

Diante disso, como trabalhos futuros, pode-se sugerir a criação de um *software* que implemente essa arquitetura e possibilite a pesquisa de sua adequação a outras doenças e agravos transmissíveis e/ou não transmissíveis.

PRODUÇÃO ACADÊMICA

Trabalhos publicados em revistas científicas

LIMA, L.M.M.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. Análise espacial e espaço-temporal das anomalias congênitas do sistema nervoso no Estado da Paraíba entre os anos de 2010 a 2016. **Journal of Human Growth and Development**. v. 29, n. 2, p.169-179, 2019. <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.v29.9416>

LIMA, L.M.M.; MELO, A.C.O.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. Análise espacial das anomalias congênitas do sistema nervoso. **Cadernos Saúde Coletiva**. v. 27, n.3, p. 257-263, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462x201900030313>

LIMA, L.M.M.; SÁ, L.R.; MACAMBIRA, A.F.U.S.; NOGUEIRA, J.A.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. A new combination rule for Spatial Decision Support Systems for epidemiology. **International Journal of Health Geographics**. v.18, n. 25, p.1-10, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12942-019-0187-7>

LIMA, L.M.M.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. Identificação das anomalias congênitas baseado em um modelo de decisão a partir de redes neurais artificiais. **Journal of Health Informatics**, v. 11, n. 1, p.8-12, 2019.

Trabalho publicado em congressos

MENDES, L.M.; MORAES, R.M. Distribuição espacial da microcefalia na Paraíba entre os anos de 2015 e 2016. In: II Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde (CONBRACIS), 14 a 16 de junho, Campina Grande: Realize, 2017.

Trabalho publicado em capítulo de livro

LIMA, L.M.M.; BORGES, A.E.A.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. Etiologia e manifestações clínicas da microcefalia: Uma revisão da literatura. In: Maria Aparecida Ramos de Meneses; Simone Jordão Almeida; Waleska Ramalho Ribeiro. (Org.). **Inclusão social das**

peessoas com deficiência: entre a garantia e a efetivação dos direitos sociais. 1ed. João Pessoa: A União, 2018, v. 1, p. 227-236.

MORAES, R.M.; VIANNA, R.P.T.; NOGUEIRA, J.A.; MACHADO, L.S.; SOUSA, A.C.A.; MELO, A.C.O.; HOLMES, D.C.S.C.; SÁ, L.R.; LIMA, L.M.M.; SOARES, R. A.S. Sistemas de Suporte à Decisão Espacial em Epidemiologia. Book Chapter. In: Neir Antunes Paes; Liliane dos Santos Machado; Ronei Marcos de Moraes; Ana Maria Gondin Valença (Eds). **10 Anos de Produção do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde.** Cap. 2, p. 29-50, 2019. ISBN: 978-85-9559-221-6.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADUNLIN, G.; DIABY, V; XIAO, H. Application of multicriteria decision analysis in health care: a systematic review and bibliometric analysis. **Health Expectations**, v. 18, n. 6, p. 1894-1905, 2015.
- AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba**, 2020. Disponível em:< <http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/>>. Acesso em: 02 de mar. 2019.
- ALMEIDA, L.F.G.; ARAÚJO JÚNIOR, E.; CROTT, G.C.; OKIDO, M.M.; BEREZOWSKI, A.T.; DUARTE, G. et al. Epidemiological Risk Factors and Perinatal Outcomes of Congenital Anomalies. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 38, n. 7, p. 348-355, 2016.
- ANDRADE, A.M.; RAMALHO, A.A.; OPITZ, S.P.; MARTINS, F.A.; KOIFMAN, R.J. Anomalias congênitas em nascidos vivos. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 30, n. 3, p. 1-11, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5020/18061230.2017.6309>.
- APGAR, V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. **Current researches in anesthesia & analgesia**, v. 32, p. 260-267, 1953.
- ARMSTRONG, M.P.; DENSHAM, P.J. Database organization strategies for spatial decision support systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 4, n. 1, p. 3-20, 1990.
- ARROYO, L.H.; YAMAMURA, M., PROTTI-ZANATTA, S.T., FUSCO, A.P.B., PALHA, P.F., RAMOS, A.C.V et al. Identificação de áreas de risco para a transmissão da tuberculose no município de São Carlos, São Paulo, 2008 a 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, p. 525-534, 2017.
- ATLAS. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil. **IDHM**. Disponível em: < <http://www.atlasbrasil.org.br/#home> >. Acesso em: 10 ago. 2020.
- BARRETO, M.L. Por uma epidemiologia da saúde coletiva. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 1, p. 123-125, 1998.
- BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process**. Berlin: Springer Science & Business Media, 2004.
- BOLLA, B.A.; FULCONI, S.N.; BALTOR, M.R.R.; DUPAS, G. Cuidado da criança com anomalia congênita: a experiência da família. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v. 17, n. 2, p. 284-290, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-81452013000200012>
- BOSTANCI, B. Mapping of environmental consciousness levels of university students: an application in Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 12, n. 5, p. 162, 2019.
- BOTTERO, M.; COMINO, E.; DURIAVIG, M.; FERRETTI, V.; POMARICO, S. The application of a Multicriteria Spatial Decision Support System (MCSDSS) for the assessment of biodiversity conservation in the Province of Varese (Italy). **Land Use Policy**, v. 30, n. 1, p. 730-738, 2013.

BOUYSSOU, D.; MARCHANT, T.; PIRLOT, M.; TSOUKIAS, A.; VINCKE, P. **Evaluation and decision models with multiple criteria: Stepping stones for the analyst**. Springer Science & Business Media, 2006.

BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. The PROMETHEE methods for MCAM: The PROMCALC, GAIA and BANKADVISER software. In: Bana, C.A. e Costa (ed.), **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**. Springer-Verlag: Berlin, 1990, p. 216-252.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Atenção à saúde do recém-nascido: guia para os profissionais de saúde**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Atenção ao pré-natal de baixo risco**. 1. ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Guia de orientações para o Método Canguru na Atenção Básica: cuidado compartilhado**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada e Temática. Coordenação Geral de Média e Alta Complexidade. **Diretrizes para Atenção Integral às Pessoas com Doenças Raras no Sistema Único de Saúde – SUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Agenda de Prioridades de Pesquisa do Ministério da Saúde - APPMS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Agenda nacional de prioridades de pesquisa em saúde - ANPPS**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2015a.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. **Manual de Instruções para o preenchimento da Declaração de Nascido Vivo**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Nota informativa nº 1/2015 – COES Microcefalias**. Brasília, 2015b.

BRIOZO, R.A.; MUSETTI, M.A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento-UPA 24 h. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.

BROEKHUIZEN, H.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, C.G.M.; VAN TIL, J.A.; HUMMEL, J.M.; IJZERMAN, M.J. A review and classification of approaches for dealing with uncertainty in multi-criteria decision analysis for healthcare decisions. **Pharmacoeconomics**, v. 33, n. 5, p. 445-455, 2015.

BURDZIEJ, J.A Web-based spatial decision support system for accessibility analysis-concepts and methods. **Applied Geomatics**, v. 4, n. 2, p. 75-84, 2012.

CABLES, E.; LAMATA, M.T.; VERDEGAY, J.L. RIM-reference ideal method in multicriteria decision making. **Information Sciences**, v. 337, p. 1-10, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.12.011>.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.; FUCKS, S.D. CARVALHO, M.S. **Análise espacial e geoprocessamento: análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA; 2004.

CARDOSO, G.C.; OLIVEIRA, M.Z.; PAIXÃO-CÔRTEZ, V.R.; CASTILLA, E.E.; SCHULER-FACCINI, L. Clusters of genetic diseases in Brazil. **Journal of community genetics**, v. 10, n. 1, p. 121-128, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12687>.

CARVALHO, V.D.H.; BARBIRATO, J.C.C.; CIRILO, J.V.A.; POLETO, T. Uma metodologia para sistemas espaciais de apoio à decisão aplicados à gestão da educação pública. In: **7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Integrado e Sustentável. Contrastes, Contradições e Complexidades. Maceió, Brasil**. 2016.

CARVER, S.J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. **International Journal of Geographical Information System**, v. 5, n. 3, p. 321-339, 1991.

CHAVES, E.C.; COSTA, S.V.; FLORES, R.L.D.R.; NEVES, E.O.S.D. Índice de carência social e hanseníase no Estado do Pará em 2013: análise espacial. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, p. 807-816, 2017.

CHEN, C.T. Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 114, p. 1-9, 2000.

CONSOLE, E.; MOUCHOT, M.C. Fuzzy classification techniques in the urban area recognition. In: **IGARSS'96. 1996 International Geoscience and Remote Sensing Symposium**. IEEE, 1996. p. 1373-1375.

COSME, H.W.; LIMA, L.S.; BARBOSA, L.G. Prevalência de anomalias congênitas e fatores associados em recém-nascidos do município de São Paulo no período de 2010 a 2014. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 35, n. 1, p. 33-38, 2017.

COUTINHO-RODRIGUES, J.; SIMÃO, A.; ANTUNES, C.H. A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures. **Decision Support Systems**, v. 51, n. 3, p. 720-726, 2011.

DARKO, A.; CHAN, A.P.C.; AMEYAW, E.E.; OWUSU, E.K.; PÄRN, E.; EDWARDS, D.J. Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. **International journal of construction management**, v. 19, n. 5, p. 436-452, 2019.

DELMELLE, E.; DELMELLE, E.C.; CASAS, I.; BARTO, T. HELP: a GIS-based health exploratory analysis tool for practitioners. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 4, n. 2, p. 113-137, 2011.

DENSHAM, P.J. Spatial decision support systems. In: **Geographical information systems**. vol 1: principles, cap. 26, p. 403-412, 1991.

DENSHAM, P.J.; GOODCHILD, M.F. Spatial decision support systems: A research agenda. In: **GIS/LIS'89. Proc. annual conference, Orlando**, v. 2, p. 707-716, 1989.

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (DATASUS). Informações de Saúde. **Estatísticas Vitais-Nascidos Vivos**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinasc/cnv/nvPB.def>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

DIAZ-LEDEZMA, C.; PARVIZI, J. Surgical approaches for cam femoroacetabular impingement: the use of multicriteria decision analysis. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 471, n. 8, p. 2509-2516, 2013.

DROBNE, S.; LISEC, A. Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. **Informatica**, v. 33, n. 4, p. 459-474, 2009.

FERRETTI, V.; MONTIBELLER, G. Key challenges and meta-choices in designing and applying multi-criteria spatial decision support systems. **Decision Support Systems**, v. 84, p. 41-52, 2016.

FISHBURN, P.C. Additive utilities with incomplete product sets: applications to priorities and assignments. **Operations Research**, v. 15, n. 3, p. 537-542, 1967.

FONTOURA, F.C.; CARDOSO, M.V.L.M.L. Associação das malformações congênitas com variáveis neonatais e maternas em unidades neonatais numa cidade do nordeste brasileiro. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 23, n. 4, p. 907-914, 2014.

FRANÇA, E.B.; LANSKY, S.; REGO, M.A.S.; MALTA, D.C.; FRANÇA, J.S.; TEIXEIRA, R. et al. Principais causas da mortalidade na infância no Brasil, em 1990 e 2015: estimativas do estudo de Carga Global de Doença. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 20, p. 46-60, 2017.

FREITAS, L.R.S.; DUARTE, E.C.; GARCIA, L.P. Análise da situação epidemiológica da hanseníase em uma área endêmica no Brasil: distribuição espacial dos períodos 2001-2003 e 2010-2012. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 20, p. 702-713, 2017.

GARCIA, L.P.; DA SILVA, G.D.M. **Doenças transmissíveis e situação socioeconômica no Brasil: análise espacial**. Texto para Discussão, 2016.

GILI, J.A.; POLETTA, F.A.; GIMÉNEZ, L.G.; PAWLUK, M.S.; CAMPAÑA, H.; CASTILLA, E.E. et al. Descriptive analysis of high birth prevalence rate geographical clusters of congenital anomalies in South America. **Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology**, v. 106, n. 4, p. 257-266, 2016.

GILI, J.A.; POLETTA, F.A.; PAWLUK, M.; GIMENEZ, L.G.; CAMPAÑA, H.; CASTILLA, E. et al. High birth prevalence rates for congenital anomalies in South American regions. **Epidemiology**, v. 26, n. 5, p. e53-e55, 2015.

- GLAIZE, A.; DUENAS, A.; DI MARTINELLI, C.; FAGNOT, I. Healthcare decision-making applications using multicriteria decision analysis: A scoping review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 26, n. 1-2, p. 62-83, 2019.
- GOMES, L.F.A.M; GOMES, C.F.S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. Editora Atlas, 5. ed., 2014.
- GOODCHILD, M.F. Geographical Data Modeling. *Computers & Geoscience*, v. 18, n. 4, p. 401-408, 1992.
- GROISMAN, B.; GILI, J.; GIMÉNEZ, L.; POLETTA, F.; BIDONDO, M.P.; BARBERO, P. et al. Geographic clusters of congenital anomalies in Argentina. *Journal of community genetics*, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2017.
- GUARDIOLA, A.; KOLTERMANN, V.; AGUIAR, P.M.; GROSSI, S.P.; FLECK, V.; PEREIRA, E.C. et al. Neurological congenital malformations in a tertiary hospital in south Brazil. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, v. 67, n. 3B, p. 807-811, 2009.
- GUARNIERI, P. **Decision Models in Engineering and Management**. Springer, 2015.
- HINO, P.; VILLA, T.C.S.; CUNHA, T.N.D.; SANTOS, C.B.D. Distribuição espacial de doenças endêmicas no município de Ribeirão Preto (SP). *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, p. 1289-1294, 2011
- HO, W.; MA, X. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 267, n. 2, p. 399-414, 2018.
- HORITA, F.E.A.; DE ALBUQUERQUE, J. P.; DEGROSSI, L.C.; MENDIONDO, E.M.; UHEYAMA, J. Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks. *Computers & Geosciences*, v. 80, p. 84-94, 2015.
- HWANG, C-L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: methods and applications: a-state-of-the-art-survey**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1981.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico: Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro, 2011.
- INTERNATIONAL SOCIETY ON MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING. **Mission of the Society**. Disponível em: < <https://www.mcdmsociety.org/content/mission-society>>. Acesso em: 1 fev. 2019.
- JANKOWSKI, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decisionmaking methods. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 9, n. 3, p. 251-273, 1995.
- JEIHOUNI, M.; TOOMANIAN, A.; ALAVIPANAH, S.K.; SHAHABI, M.; BAZDAR, S. An application of MC-SDSS for water supply management during a drought crisis. *Environmental monitoring and assessment*, v. 187, n. 7, p. 396, 2015.

JOERIN, F.; THÉRIAULT, M.; MUSY, A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. **International Journal of Geographical information science**, v. 15, n. 2, p. 153-174, 2001. <https://doi.org/10.1080/13658810051030487>.

JOHANSEN, I.C.; CARMO, R.L.; ALVES, L.C. Desigualdade social intraurbana: implicações sobre a epidemia de dengue em Campinas, SP, em 2014. **Cadernos Metrópole**, v. 18, n. 36, p. 421-440, 2016.

KABAK, M.; ERBAS, M.; ÇETINKAYA, C.; ÖZCEYLAN, E. A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share stations. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 49-60, 2018.

KATO, S.K.; VIEIRA, D.M.; FACHEL, J.M.G. Utilização da modelagem inteiramente bayesiana na detecção de padrões de variação de risco relativo de mortalidade infantil no Rio Grande do Sul, Brasil. **Cadernos de saúde pública**, v. 25, p. 1501-1510, 2009.

KEENAN, P.B. Spatial decision support systems. In: **Decision Making Support Systems: Achievements and Challenges for the New Decade**. IGI Global, 2003. p. 28-39.

KEENAN, P.B.; JANKOWSKI, P. Spatial decision support systems: three decades on. **Decision Support Systems**, v. 116, p. 64-76, 2019.

KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives**. Wiley: New York, 1976.

KELLY, G.C.; SENG, C.M.; DONALD, W.; TALEO, G.; NAUSIEN, J.; BATARIL, W. et al. A spatial decision support system for guiding focal indoor residual spraying interventions in a malaria elimination zone. **Geospatial health**, v. 6, n. 1, p. 21-31, 2011.

KHOSHAND, A.; BAFRANI, A.H.; ZAHEDIPOUR, M.; MIRBAGHERI, S.A.; EHTEHSAMI, M. Prevention of landfill pollution by multicriteria spatial decision support systems (MC-SDSS): development, implementation, and case study. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 9, p. 8415-8431, 2018.

KIM, H.Y.; LEE, H.K. Enhanced validity and reliability of spatial decision support systems (SDSS) for sustainable transportation decision-making. **Applied geography**, v. 51, p. 65-71, 2014.

KING, P.J.; MAMDANI, E.H. The application of fuzzy control systems to industrial processes. **Automatica**, v. 13, n. 3, p. 235-242, 1977.

KLIEGMAN, R.M.; STANTON, B.F.; SCHOR, N.F.; GEME, J.W.S.; BEHRMAN, R.E. **Nelson Tratado de Pediatria**. 19. ed., Elsevier, 2014.

KLIEGMAN, R.M.; STANTON, B.F.; ST GEME, J.W. **Nelson Tratado de Pediatria**. 20. ed., Elsevier, 2017.

KULLDORFF, M. Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)**, v. 164, n. 1, p. 61-72, 2001.

KULLDORFF, M.; ATHAS, W.F.; FEURER, E.J.; MILLER, B.A.; KEY, C.R. Evaluating cluster alarms: a space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos, New Mexico. **American journal of public health**, v. 88, n. 9, p. 1377-1380, 1998.

KULLDORFF, M.; NAGARWALLA, N. Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in medicine**, v. 14, n. 8, p. 799-810, 1995.

KUMAR, A.; SAH, B.; SINGH, A.R.; DENG, Y.; HE, X.; KUMAR, P. et al. A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, p. 596-609, 2017.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 5. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LAWSON, A.B. **Statistical Methods in Spatial Epidemiology**. John Wiley & Sons, 2013.

LEE, M-C. The analytic hierarchy and the network process in multicriteria decision making: performance evaluation and selecting key performance indicators based on ANP model. In: **Convergence and hybrid information technologies**. IntechOpen, 2010.

LIMA, L.M.M.; MELO, A.C.O.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. Análise espacial das anomalias congênitas do sistema nervoso. **Cadernos Saúde Coletiva**. v. 27, n. 3, p. 257-263, 2019a. <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462x201900030313>

LIMA, L.M.M.; SÁ, L.R.; MACAMBIRA, A.F.U.; NOGUEIRA, J.A.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. A new combination rule for Spatial Decision Support Systems for epidemiology. **International Journal of Health Geographics**, v. 18, n. 1, p. 1-10, 2019b. DOI: 10.1186/s12942-019-0187-7.

LIMA, L.M.M.; VIANNA, R.P.T.; MORAES, R.M. Análise espacial e espaço-temporal das anomalias congênitas do sistema nervoso no Estado da Paraíba entre os anos de 2010 a 2016. **Journal of Human Growth and Development**, v. 29, n. 2, p. 169-179, 2019c. <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.v29.9416>.

LUZ, G.S.; KARAM, S.M.; DUMITH, S.C. Anomalias congênitas no estado do Rio Grande do Sul: análise de série temporal. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. e190040, 2019.

MAGALHÃES, G.B. O uso do geoprocessamento e da estatística nos estudos ecológicos em epidemiologia: o caso da dengue em 2008 na região metropolitana de fortaleza. **Hygeia**, v. 8, n. 15, p. 63-77, 2012.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. John Wiley & Sons, 1999.

_____. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International journal of geographical information science**, v. 20, n. 7, p. 703-726, 2006.

_____. On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. **Transactions in GIS**, v. 4, n. 1, p. 5-22, 2000. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>.

MALCZEWSKI, J.; RINNER, C. **Multicriteria decision analysis in geographic information science**. New York: Springer, 2015.

MALEKI, S.; SOFFIANIANA, A.R.; KOUPAEIA, S.S.; POURMANAFIA, S.; SAATCHI, S. Wetland restoration prioritizing, a tool to reduce negative effects of drought; An application of multicriteria-spatial decision support system (MC-SDSS). **Ecological Engineering**, v. 112, p. 132-139, 2018.

MAMDANI, E.H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 7, n. 1, p. 1-3, 1975.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; NOR, K.; KHALIFAH, Z.; ZAKWAN, N.; VALIPOUR, A. Multiple criteria decision-making techniques and their applications-a review of the literature from 2000 to 2014. **Economic Research-Ekonomika Istraživanja**, v. 28, n. 1, p. 516-571, 2015.

MARSH, K. et al. (Ed.). **Multi-Criteria Decision Analysis to Support Healthcare Decisions**. Springer, 2017.

MARTIN, R.J.; FANAROFF, A.A.; WALSH, M.C. **Fanaroff & Martin: Medicina Neonatal e Perinatal- Doenças do do feto e do neonato**. 10. ed., Elsevier, 2016.

MARUTHUR, N.M.; JOY, S.M.; DOLAN, J.G.; SHIHAB, H.M.; SINGH, S. Use of the analytic hierarchy process for medication decision-making in type 2 diabetes. **PloS one**, v. 10, n. 5, p. e0126625, 2015.

MASSAD, E.; MENEZES, R.X.; SILVEIRA, P.S.P.; ORTEGA, N.R.S. **Métodos quantitativos em medicina**. Editora Manole Ltda, 2004.

MELO, J.C.S.; MORAES, R.M. Sistema Espacial de Suporte à Decisão para Gestão do Combate ao Dengue Usando Lógica Fuzzy. **TEMA (São Carlos)**, v. 19, n. 3, p. 405-421, 2018.

MENDES, C.Q.S.; AVENA, M.J.; MANDETTA, M.A.; BALIEIRO, M.M.F. Prevalência de nascidos vivos com anomalias congênitas no município de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Enfermeiros Pediatras**, v. 15, n. 1, p. 7-12, 2015.

MODICA, G.; POLLINO, M.; LANUCARA, S.; LA PORTA, L.; PELLICONE, G.; DI FAZIO, S. et al. Land suitability evaluation for agro-forestry: definition of a web-based multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS): preliminary results. In: **International Conference on Computational Science and Its Applications**. Springer, Cham, 2016. p. 399-413.

MONTEIRO, L.D.; MARTINS-MELO, F.R.; BRITO, A.L.; ALENCAR, C.H.; HEUKELBACH, J. Padrões espaciais da hanseníase em um estado hiperendêmico no Norte do Brasil, 2001-2012. **Revista de Saúde Pública**, v. 49, p. 84, 2015

- MORAES, R.M.; NOGUEIRA, J.A.; SOUSA, A.C.A. A new architecture for a spatio-temporal decision support system for epidemiological purposes. In: **Decision Making and Soft Computing: Proceedings of the 11th International-FLINS Conference**. João Pessoa, 2014.
- MORAES, R.M.; MELO, A.C.O. Sistemas de Suporte à Decisão Espacial e Aplicações. **Comunicações em Informática**, v. 1, n. 1, p. 2-5, 2017. DOI: 10.22478/ufpb.2595-0622.2017v1n1.36862
- MORAES, R.M.; VIANNA, R.P.T.; NOGUEIRA, J.A.; MACHADO, L.S.; SOUSA, A.C.A.; MELO, A.C.O. et al. Sistemas de Suporte à Decisão Espacial em Epidemiologia. Book Chapter. In: Neir Antunes Paes; Liliane dos Santos Machado; Ronei Marcos de Moraes; Ana Maria Gondin Valença (Eds) **10 Anos de Produção do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde**. Cap. 2, p. 29-50, 2019.
- MUKAKA, M.M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- NUNES, J.T.; OLIVEIRA, K.R.G; PACHECO, M. T.R.; MEDEIROS, M.D.M. Qualidade da assistência pré-natal no Brasil: revisão de artigos publicados de 2005 a 2015. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 24, n. 2, 2016.
- NYIMBILI, P.H.; ERDEN, T. Spatial decision support systems (SDSS) and software applications for earthquake disaster management with special reference to Turkey. **Natural Hazards**, v. 90, n. 3, p. 1485-1507, 2018.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Classificação Estatística Internacional de Doenças: CID-10**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- ORIOLO, I.M.; CAMELO, J.S.; RITTLER, M.; CASTILLA, E.E. Sentinel phenotype for rubella embryopathy: time-space distribution in Brazil. **Cadernos de saúde publica**, v. 27, n. 10, p. 1961-1968, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2011001000009>
- PANTE, F.R.; MADI, J.M.; DE ARAÚJO, B.F.; ZATTI, H.; MADI, S.R.C.; ROMBALDI, R.L. Malformações congênitas do sistema nervoso central: prevalência e impacto perinatal. **Revista da AMRIGS**, v. 55, n. 4, p. 339-344, 2011.
- PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **Fuzzy systems engineering: toward human-centric computing**. John Wiley & Sons, 2007.
- PEREIRA, A.L.A.; DE SOUZA, M.D.A.B.; SANTOS, J.C. Tendência temporal das malformações congênitas do sistema nervoso nos últimos quatro anos no Brasil. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 8, n. 1, p. 16-23, 2018.
- PINTO JÚNIOR, E.P.P.; DA LUZ, L.A.; GUIMARÃES, M.A.P.; TAVARES, L.T.; BRITO, T.R.S.; SOUZA, G.D.F. Prevalência e fatores associados às anomalias congênitas em recém-nascidos. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 30, n. 3, p. 1-8, 2017.
- PINTO, C.O.; NASCIMENTO, L.F.C. Estudo de prevalência de defeitos congênitos no Vale do Paraíba Paulista. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 25, n. 3, p. 233-239, 2007.

PINTO, M.M.P.S.; SILVA, A.T.M.C.; MORAES, R.M. Detecção de aglomerados espaciais dos casos de crianças/adolescentes em condição crônica em hospitais de referência na Paraíba, Brasil. In: **III Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde (CONBRACIS)**, 13 a 15 de Junho, Campina Grande: Realize, 2018.

POLETTA, F.A.; CASTILLA, E.E.; ORIOLI, I.M.; LOPEZ-CAMELO, J.S. Regional analysis on the occurrence of oral clefts in South America. **American Journal of Medical Genetics Part A**, v. 143, n. 24, p. 3216-3227, 2007. <http://dx.doi.org/10.1002/ajmg.a.32076>. PMID:18000905.

RESNIK, M.D. **Choices: An Introduction to Decision Theory**. University of Minnesota Press, 1987.

RITROVATO, M.; FAGGIANO, F.C.; TEDESCO, G.; DERRICO, P. Decision-oriented health technology assessment: One step forward in supporting the decision-making process in hospitals. **Value in Health**, v. 18, n. 4, p. 505-511, 2015.

RODRIGUES, L.D.; LIMA, R.H.D.S.; COSTA, L.C.; BATISTA, R.F.L. Características das crianças nascidas com malformações congênitas no município de São Luís, Maranhão, 2002-2011. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, p. 295-304, 2014.

ROY, B. Classement et choix en présence de points de vue multiples. **Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle**, v. 2, n. 8, p. 57-75, 1968.

_____. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Springer Science & Business Media, 1996.

SÁ, L.R. **Um sistema de suporte a tomada de decisão espacial: usando o perfil demográfico para o controle da tuberculose no município de João Pessoa-PB**. 2015. Dissertação (Mestrado)- Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SÁ, L.R.; MACHADO, L.S.; NOGUEIRA, J.A.; MORAES, R.M. New Combining Rules for Spatial Clustering Methods Using Sigma-Count for Spatial Epidemiology. **2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications**, 8 e 9 de novembro, Sakheer, Reino do Bahrein, 2020, no prelo.

SAATY, R.W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. **Mathematical modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International journal of services sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

_____. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

_____. The seven pillars of the analytic hierarchy process. In: **Multiple criteria decision making in the new millennium**. Springer: Berlin, p. 15-37, 2001.

_____. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. RWS publications, 2000.

SADLER, T.W. **Langman, embriologia médica**. 13. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SANTOS, A.L.; RIGOTTO, R.M. Território e territorialização: incorporando as relações produção, trabalho, ambiente e saúde na atenção básica à saúde. **Trabalho, educação e saúde**, v. 8, n. 3, p. 387-406, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-77462010000300003>.

SCHULER-FACCINI, L.; RIBEIRO, E.M.; FEITOSA, I.M.L.; HOROVITZ, D.D.G.; CAVALCANTI, D.P.C.; PESSOA, A. et al. Possible association between Zika virus infection and microcephaly - Brazil, 2015. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 65, n. 3, p. 59-62, 2016.

SIEGEL, S. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. New York: McGraw-Hill, 1956.

SILVA, H.M.C.; ALMEIDA, K.N.; BRAGA, M.B.; LAGO, E.D.A.; PESSOA, L. T.; SILVA, I.P. Aspectos fisiológicos e sociais associados às alterações cromossômicas e malformações congênitas em gestações perimenopáusicas. **Revista de Enfermagem da UFPI**, v. 4, n. 1, p. 61-67, 2015.

SILVA, J.H.; TERÇAS, A.C.P.; PINHEIRO, L.C.B.; FRANÇA, G.V.A.D.; ATANAKA, M.; SCHÜLER-FACCINI, L. Perfil das anomalias congênitas em nascidos vivos de Tangará da Serra, Mato Grosso, 2006-2016. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 27, p. e2018008, 2018.

SILVA, S.; ALÇADA-ALMEIDA, L.; DIAS, L.C. Development of a Web-based Multi-criteria Spatial Decision Support System for the assessment of environmental sustainability of dairy farms. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 108, p. 46-57, 2014.

SINGH, R.P.; NACHTNEBEL, H.P. Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 43-58, 2016.

SNOW, J. On the mode of communication of cólera (revisited classics). **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 4, n. 6, p. 1-11, 2008.

SOARES, E.A.M.G.; DAMASCENA, L.C.L.; LIMA, L.M.M.; MORAES, R.M. Analysis of the Fuzzy Unordered Rule Induction Algorithm as a Method for Classification. In: **Recent Trends on Fuzzy Systems**. V Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy (V CBSF), 4-6 de julho de 2018, Fortaleza, CE, Brasil.

SOARES, R.A.S. **Modelo decisório espacial para a redução da mortalidade infantil: uma discussão no contexto da ruralidade na Paraíba**. 2018. Tese (Doutorado)- Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

STOJČIĆ, M.; ZAVADSKAS, E.K.; PAMUČAR, D.; STEVIĆ, Ž.; MARDANI, A. Application of MCDM methods in sustainability engineering: a literature review 2008-2018. **Symmetry**, v. 11, n. 3, p. 350, 2019. <https://doi.org/10.3390/sym11030350>

SUGUMARAN, R.; DEGROOTE, J. **Spatial Decision Support Systems: Principles and practices**. CRC Press, 2011.

THOKALA, P.; DEVLIN, N.; MARSH, K.; BALTUSSEN, R.; BOYSEN, M.; KALO, Z. Multiple criteria decision analysis for health care decision making—an introduction: report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. **Value in health**, v. 19, n. 1, p. 1-13, 2016.

TANGO, T. **Statistical Methods for Disease Clustering**. Springer Science & Business Media, 2010.

THOKALA, P.; DUENAS, A. Multiple criteria decision analysis for health technology assessment. **Value Health**, v. 15, n. 8, p. 1172-1181, 2012.

TRIANANTAPHYLLOU, E. **Multi-criteria decision making methods: A comparative study**. Springer Science Business, 2000.

VELASQUEZ, M.; HESTER, P.T. An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. **International Journal of Operations Research**, v. 10, n. 2, p. 56-66, 2013.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. John Wiley & Sons, 1992.

WANGDI, K.; BANWELL, C.; GATTON, M.L.; KELLY, G.C.; NAMGAY, R.; CLEMENTS, A.C. Development and evaluation of a spatial decision support system for malaria elimination in Bhutan. **Malaria jornal**, v. 15, n. 1, p. 1-13, 2016.

WATTERBERG, K.L.; AUCOTT, S.; BENITZ, W.E.; CUMMINGS, J.J.; EICHENWALD, E.C.; GOLDSMITH, J. et al. The Apgar Score. **Pediatrics**, v. 136, n. 4, p. 819-822, 2015.

WESTPHAL, F.; FUSTINONI, S.M.; PINTO, V.L.; MELO, P.D.S.; ABRAHÃO, A. R. Associação da idade gestacional com a opção pela interrupção da gravidez de fetos com anomalias incompatíveis com a sobrevivência neonatal. **Einstein**, v. 14, n. 3, p. 311-316, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global nutrition targets 2025: low birth weight policy brief [Internet]. Geneva: WHO; 2014.

YOON, K. P.; HWANG, C-L. **Multiple attribute decision making: an introduction**. Sage publications, 1995.

YU, SU-MIN.; WANG J.; WANG, JIAN-QIANG.; LI, L. A multi-criteria decision-making model for hotel selection with linguistic distribution assessments. **Applied Soft Computing**, v. 67, p. 741-755, 2018.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

_____. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. **IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics**, n. 1, p. 28-44, 1973.

ZARDARI, N.H.; AHMED, K.; SHIRAZI, S.M.; YUSOP, Z.B. **Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management**. Springer, 2015.

ZHU, X. GIS and Spatial Decision Support. In: Dawsen, C.J (Org.). In: **Geographic Information Systems**. New York: Nova Science Publishers, cap. 1, p. 1-34, 2011.

ZYLOUD, S.H.; FUCHS-HANUSCH, D.A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. **Expert systems with applications**, v. 78, p. 158-181, 2017.

APÊNDICE A - Exemplo das regras do SDSS referentes ao subcritério baixo

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is%
coraltapositiva , Município %is% tendencianaoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && correlacaobaixopeso %is%
coraltapositiva , Município %is% tendencianaoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmedia && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmedia && correlacaobaixopeso %is% coraltanegativa ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && correlacaobaixopeso %is% coraltanegativa ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmedia && correlacaobaixopeso %is% cormoderadanegativa , Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadanegativa , Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadanegativa , Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmedia && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmedia && correlacaobaixopeso %is% cormoderada
positiva , Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEbaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEbaixa && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadapositiva , Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadapositiva , Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmedia && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmedia && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEbaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEbaixa && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Naorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Recente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Recente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencialano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

Recente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencia2anos &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),

fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%

[illegible]

[illegible]

[illegible]

```

classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),
fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% comscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%
muitorecente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencia2anos &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadapositiva , Município %is% Naoprioritario),
fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% semscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%
Recente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencia1ano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadanegativa , Município %is% Naoprioritario),
fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitobaixa && Scanespacialbaixopeso %is% comscan
&& scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%
Recente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencia1ano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% ausenciadeRIE && correlacaobaixopeso %is% corfraca ,
Município %is% Naoprioritario),
fuzzy_rule(RIEbaixopeso %is% RIEmuitoalta && Scanespacialbaixopeso %is% semscan &&
scanespacotemporalbaixopeso %is% Comscan && tempoconglomeradobaixopeso %is%
Recente && persistenciaconglomeradobaixopeso %is% persistencia1ano &&
classificacaoRIEbaixopeso %is% RIEmuitoalta && correlacaobaixopeso %is%
cormoderadanegativa , Município %is% tendencianaoprioritario)

```

APÊNDICE B – Resultado dos mapas da RIE, do Scan espacial, do Scan espaço-temporal e da decisão do SDSS referente a cada subcritério

Figura 1 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério até 36 semanas gestacionais: (a) RIE, (b) Scan espacial e (c) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

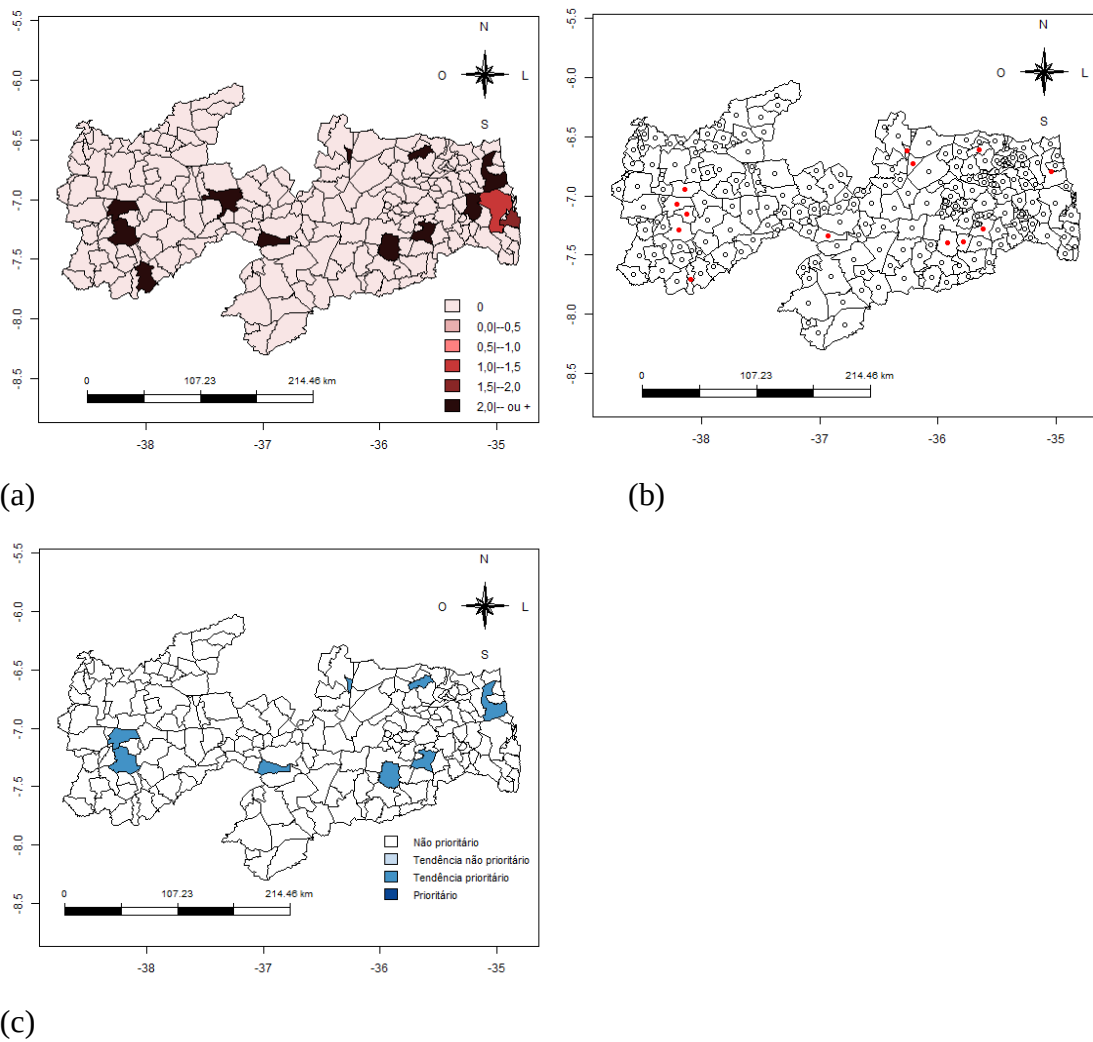


Figura 2 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério maior ou igual a 37 semanas gestacionais: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

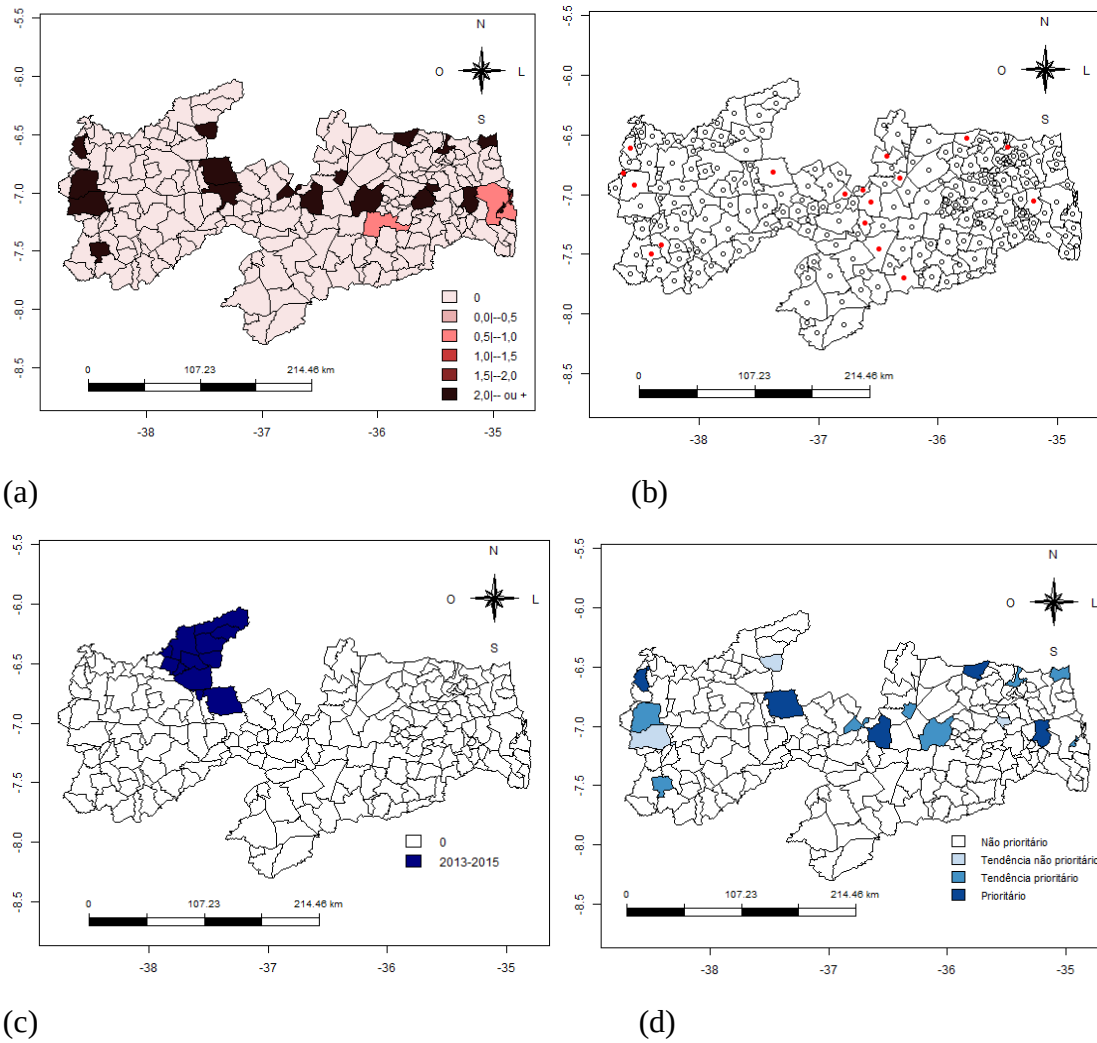


Figura 3 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério menor ou igual a 6 consultas no pré-natal: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

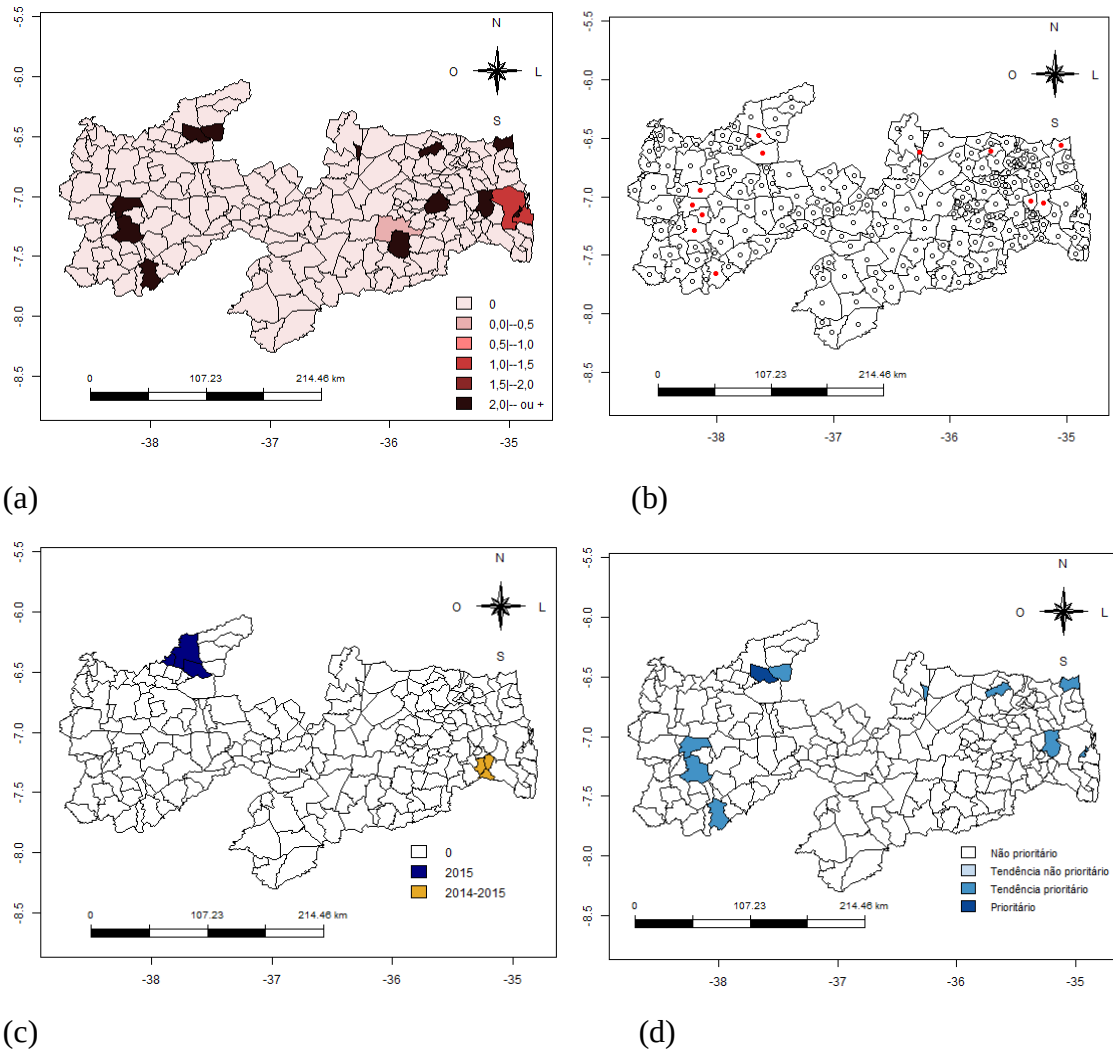
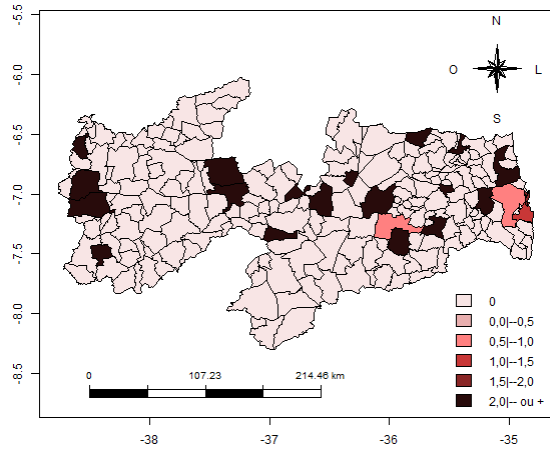
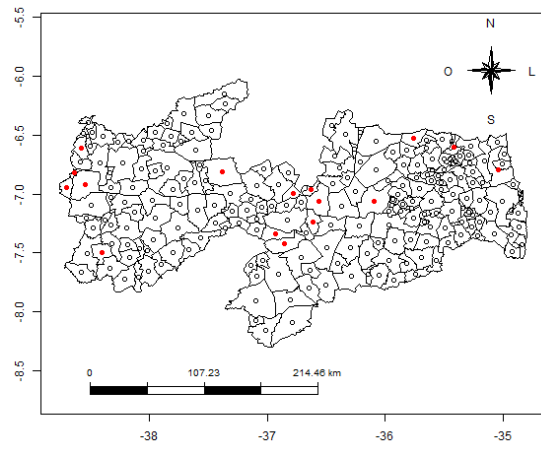


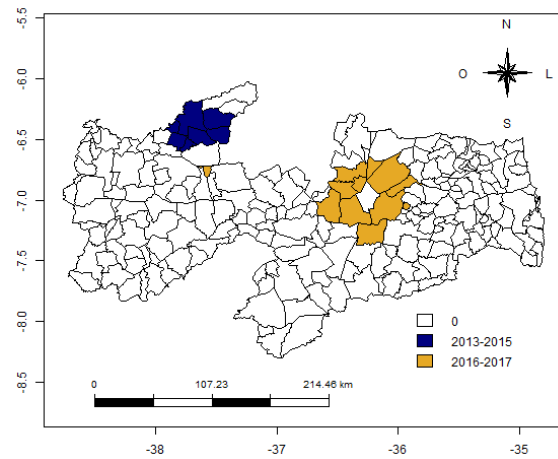
Figura 4 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério maior que 6 consultas no pré-natal: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério.



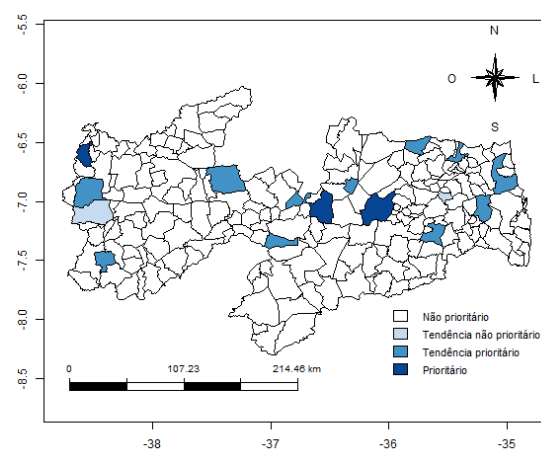
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério índice de Apgar no 1º minuto menor que 7: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

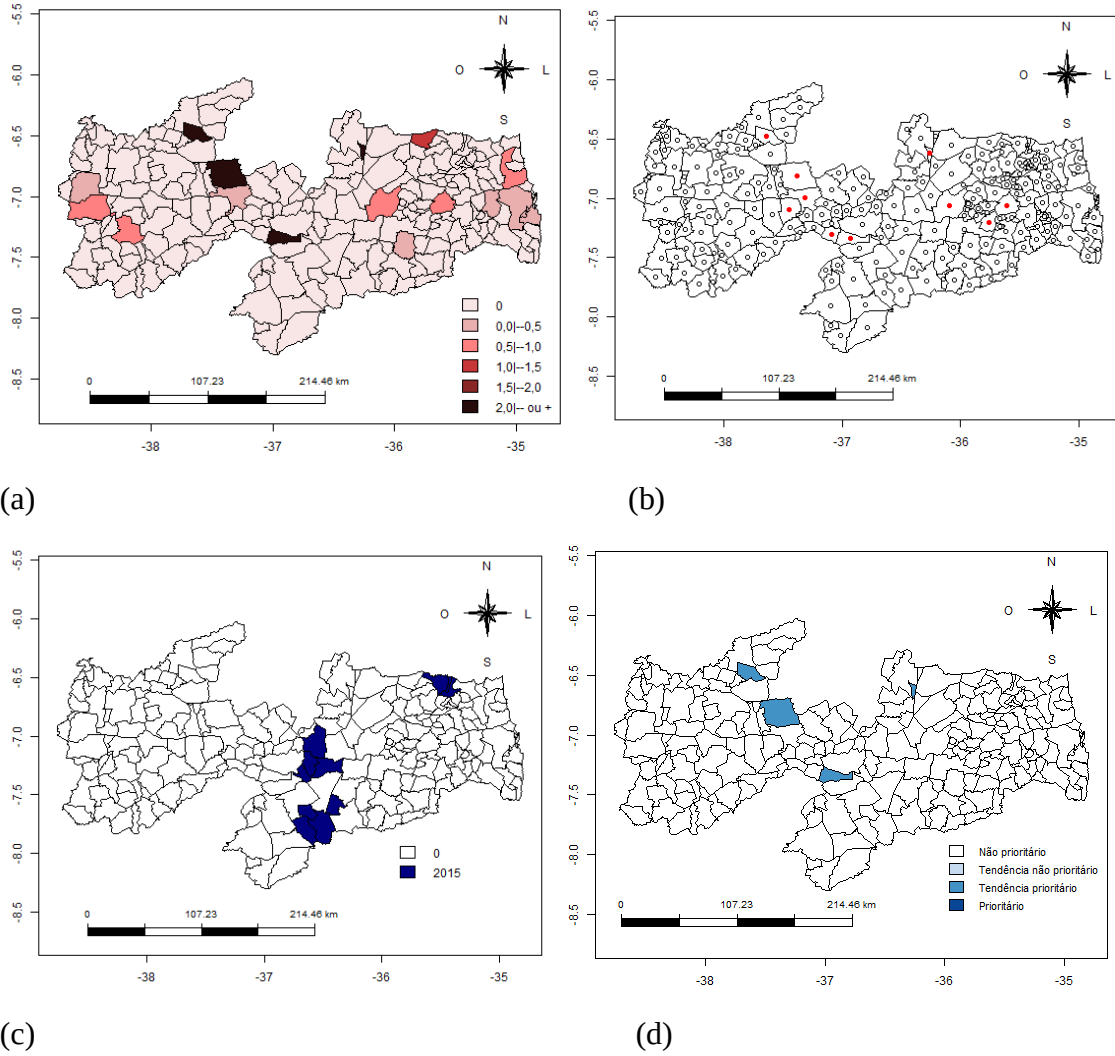


Figura 6 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério índice de Apgar no 1º minuto maior ou igual a 7: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

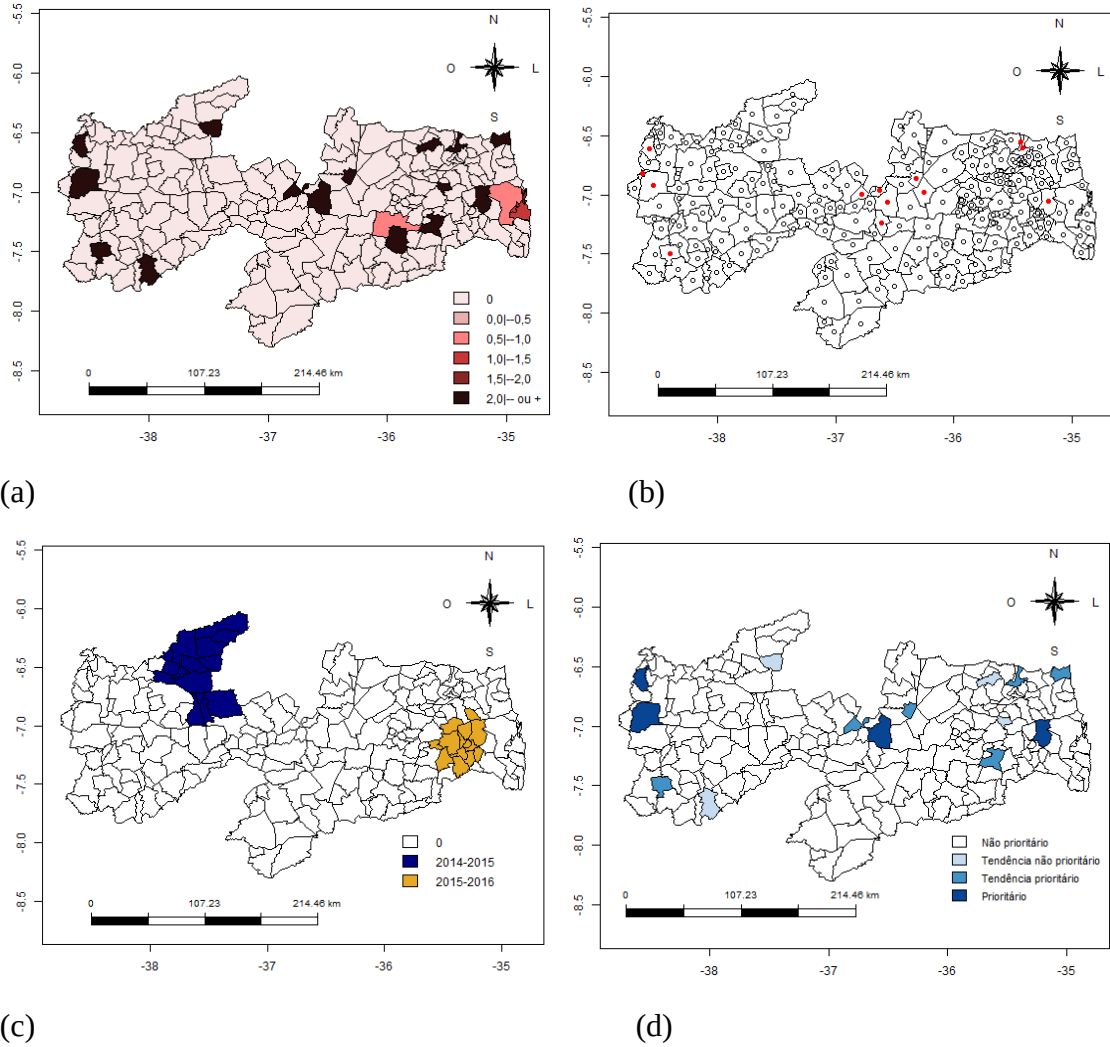


Figura 7 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério índice de Apgar no 5º minuto menor que 7: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

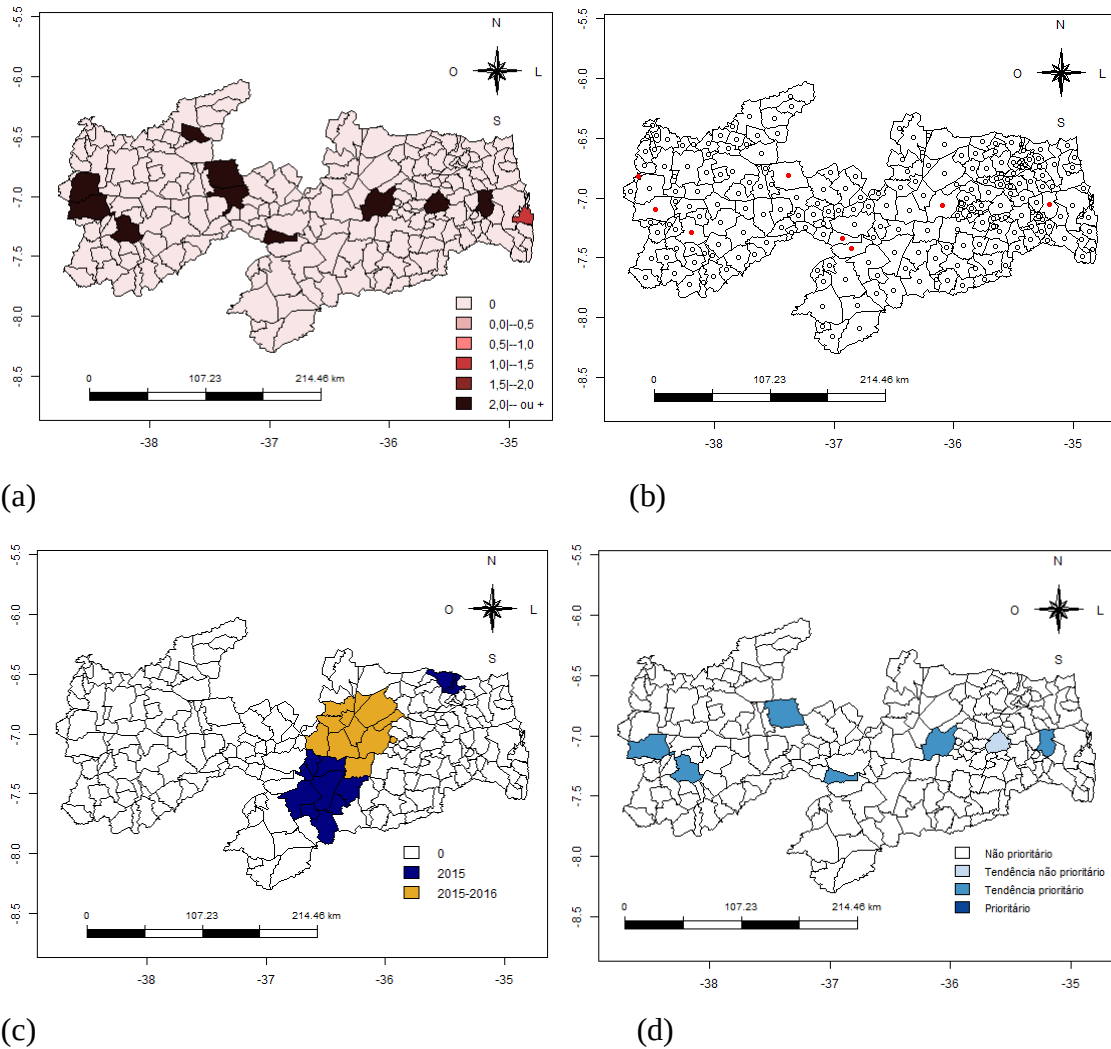
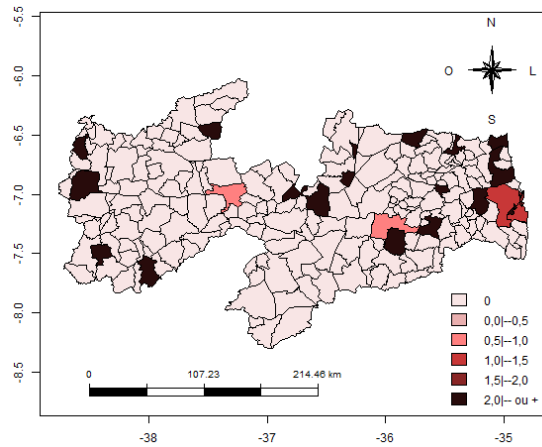
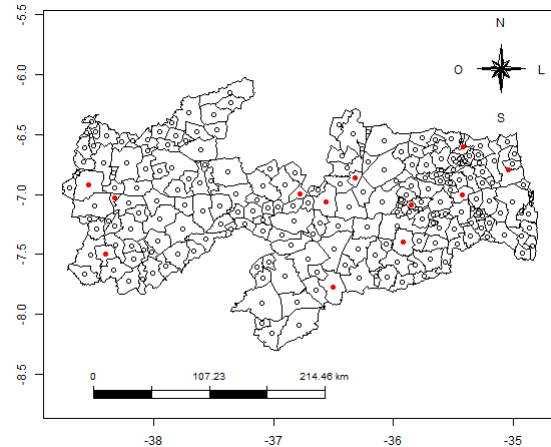


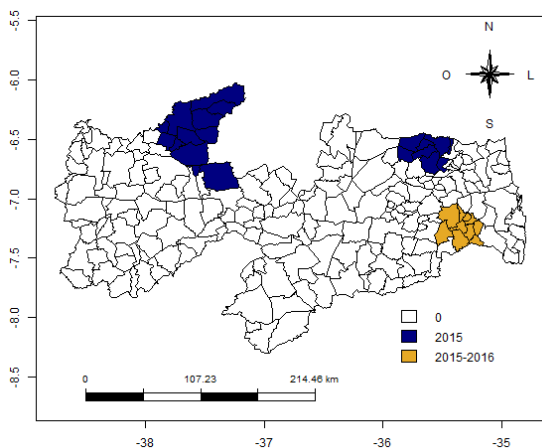
Figura 8 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério índice de Apgar no 5º minuto maior ou igual a 7: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério



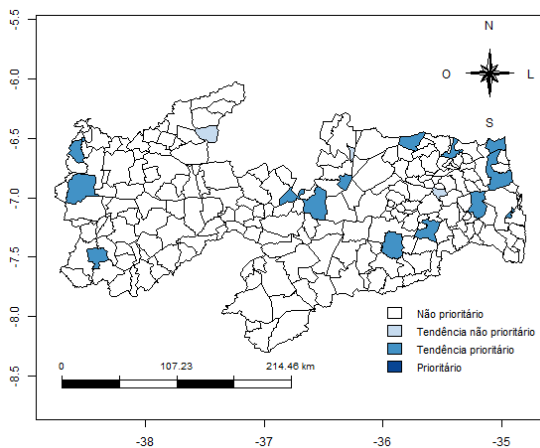
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 9 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério peso adequado: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

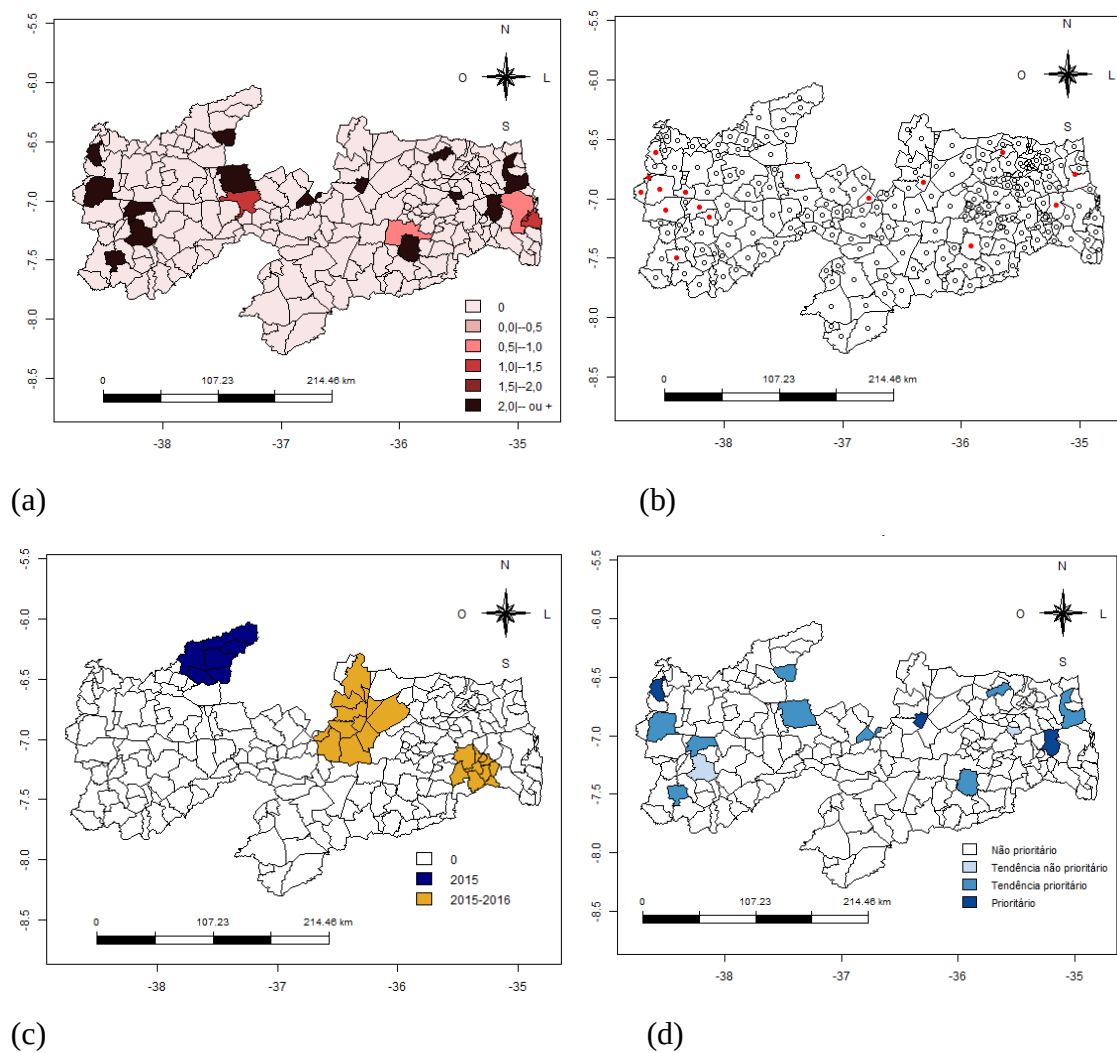


Figura 10 – Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério IDHM alto: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

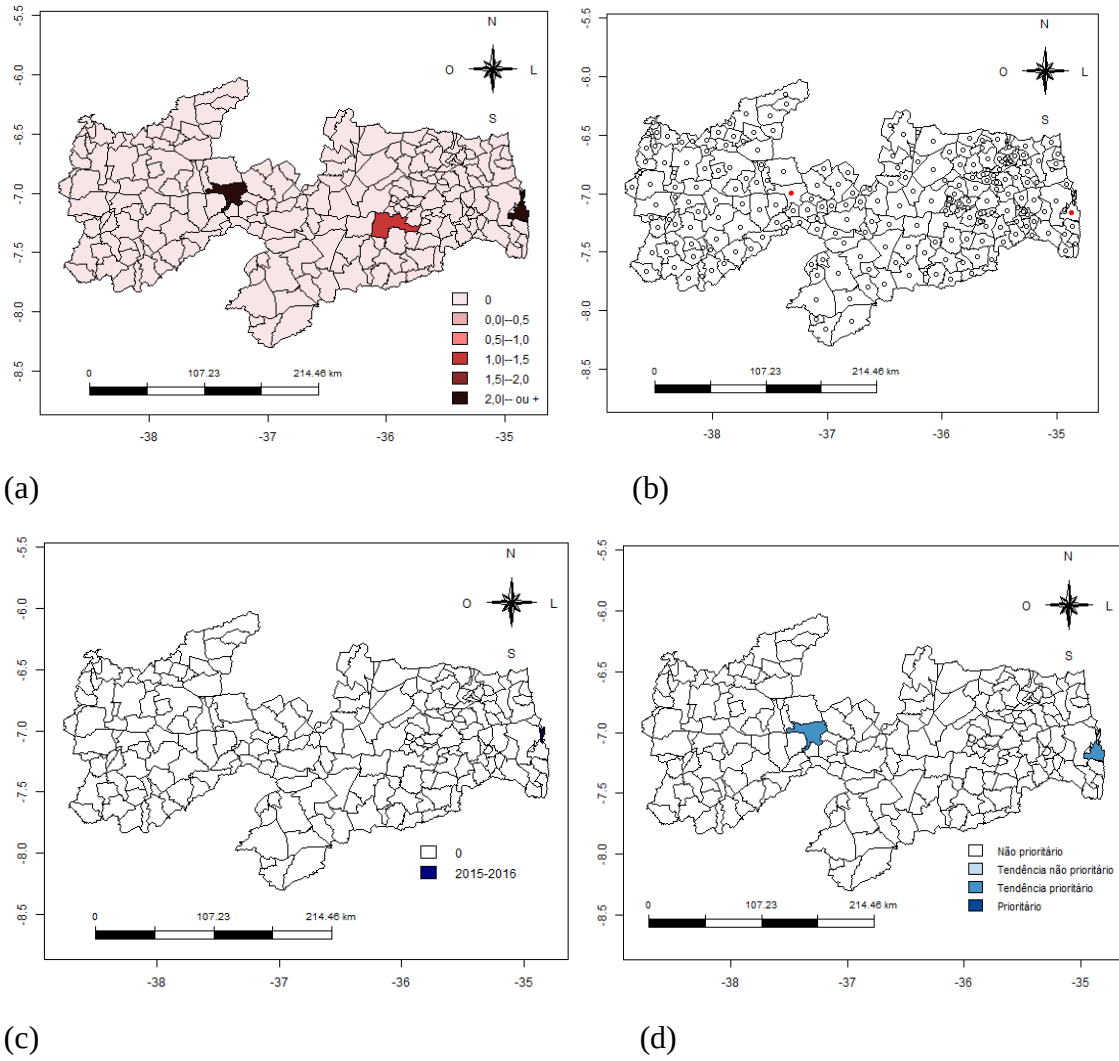


Figura 11 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério IDHM médio: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

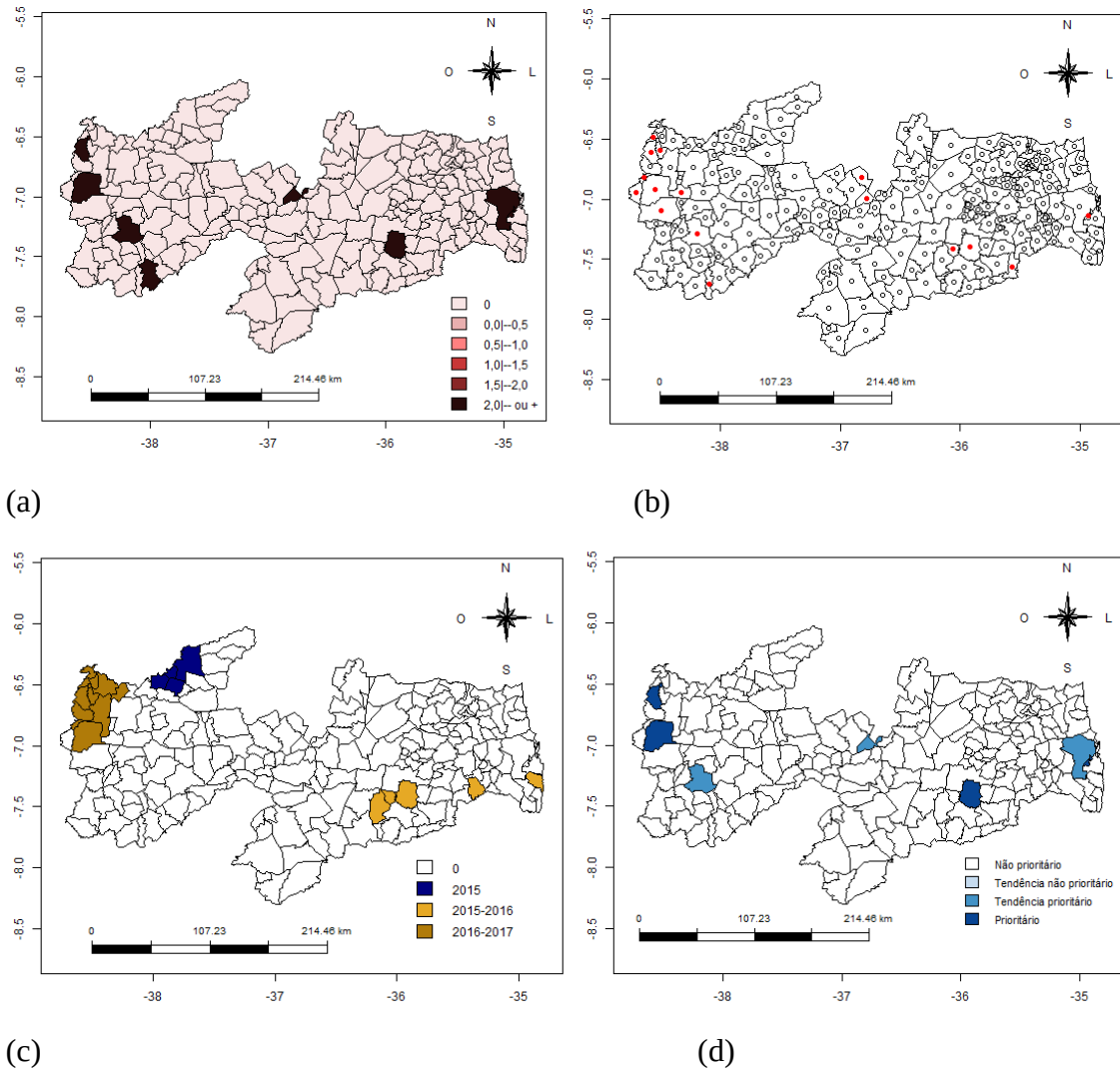
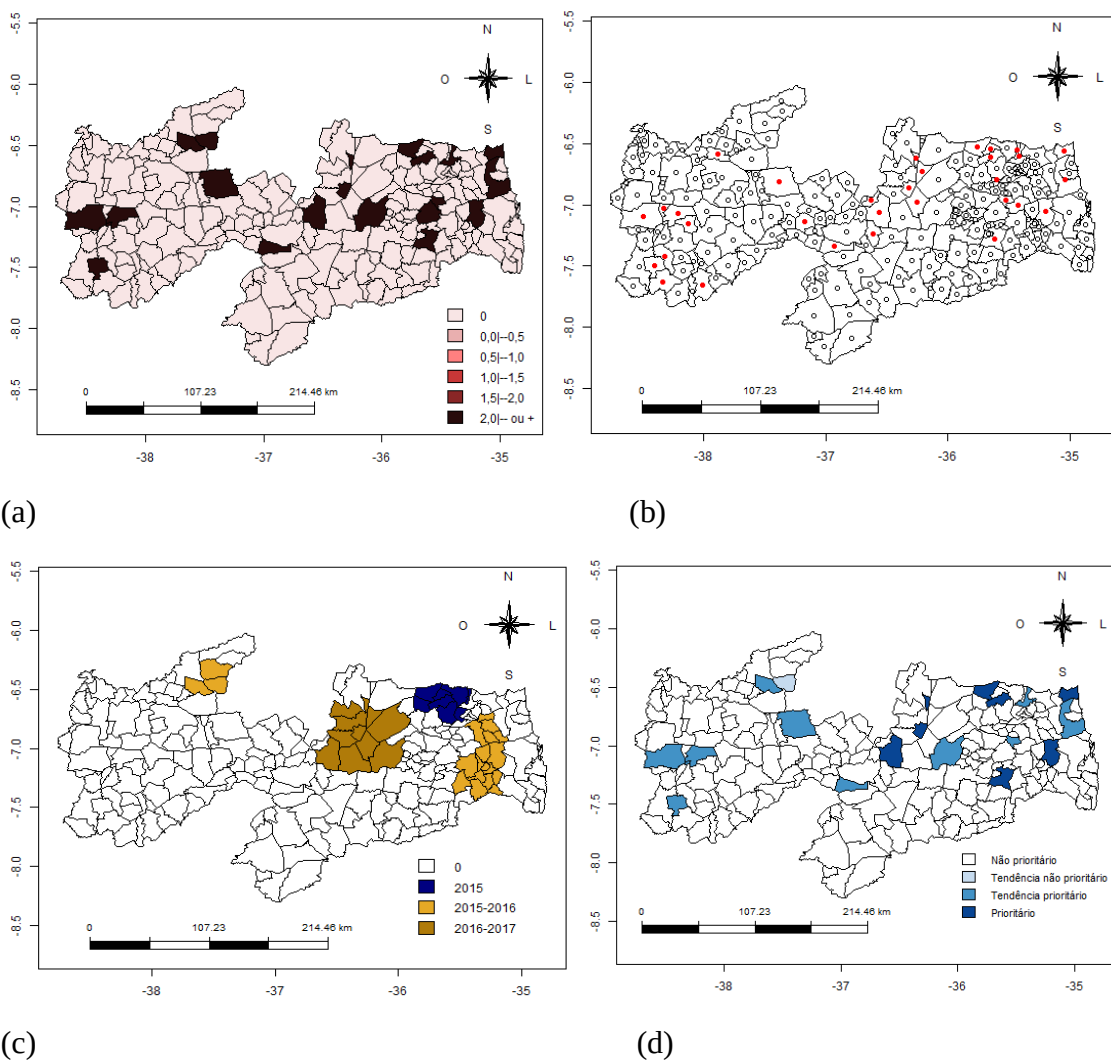
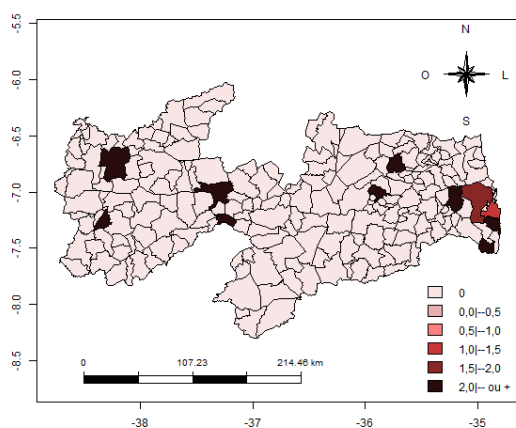


Figura 12 - Mapas das anomalias congênitas do sistema nervoso, ano 2017, Paraíba referente ao subcritério IDHM baixo: (a) RIE, (b) Scan espacial, (c) Scan espaço-temporal e (d) Decisão do SDSS referente a esse subcritério

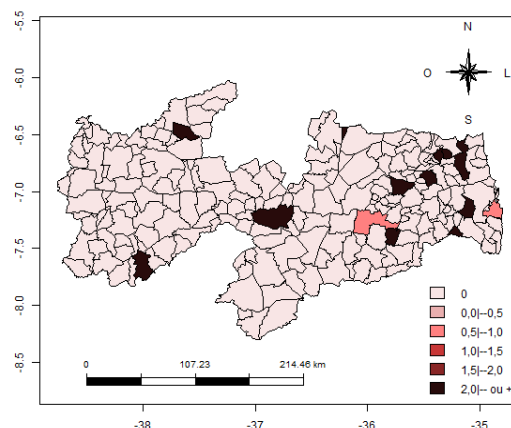


APÊNDICE C – Mapas da RIE referente a cada subcritério, período de 2013 a 2016, no estado da Paraíba

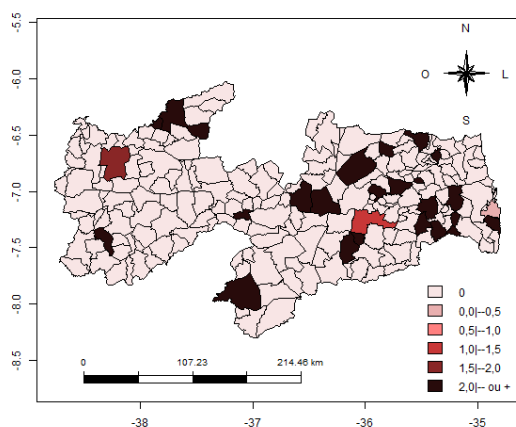
Figura 1 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério até 36 semanas gestacionais, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



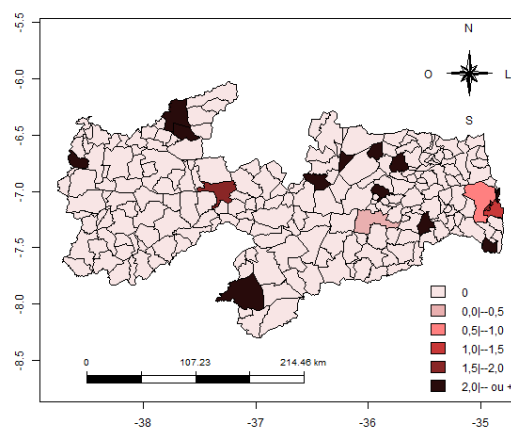
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério maior ou igual a 37 semanas gestacionais, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016

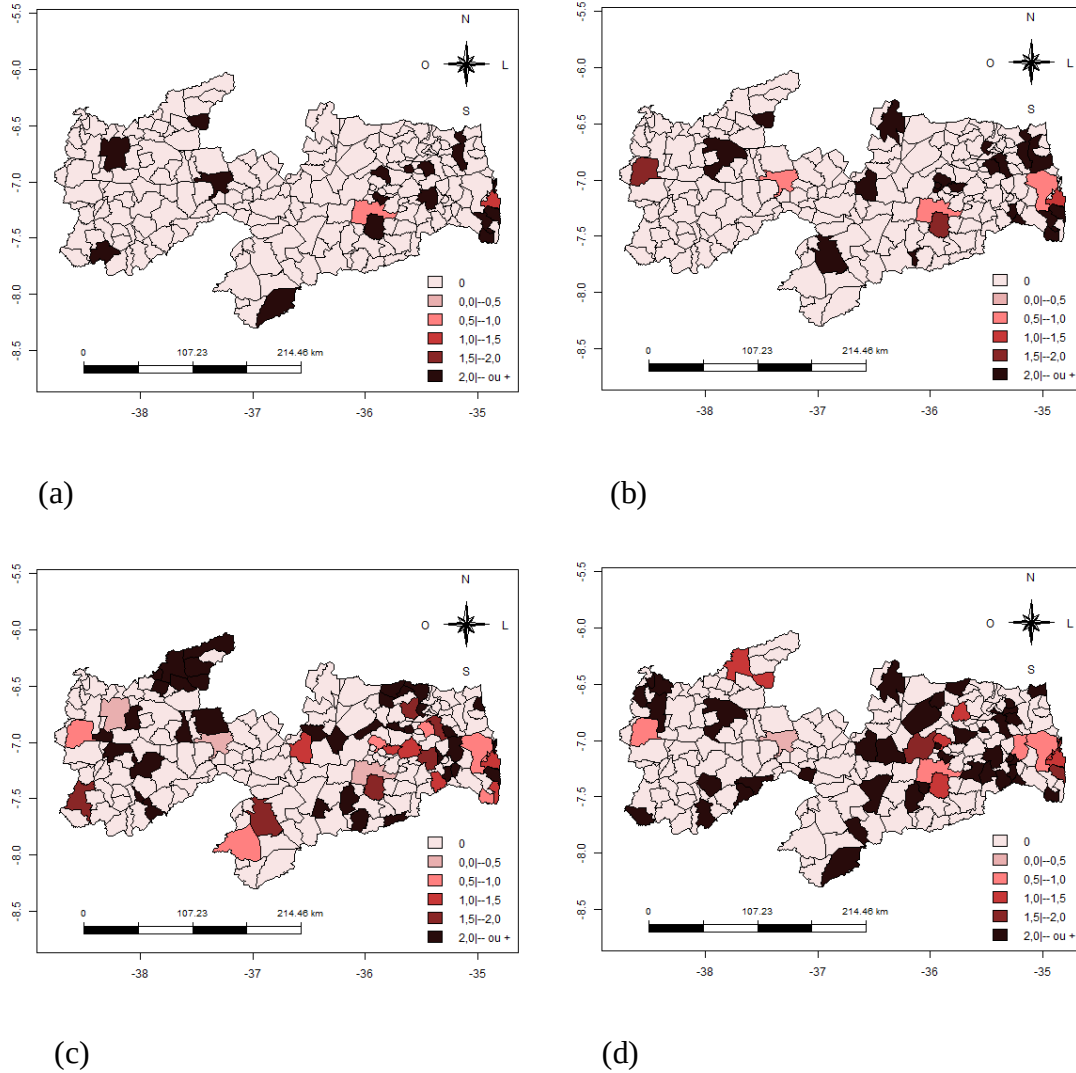
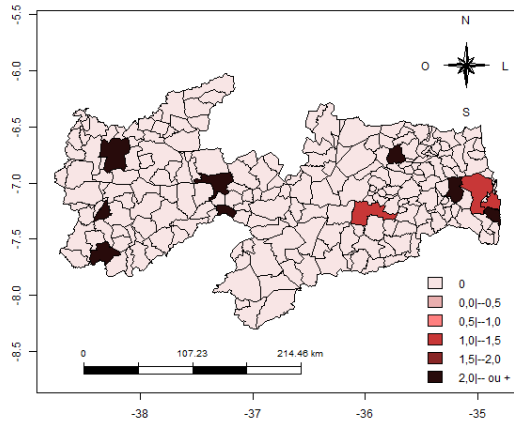
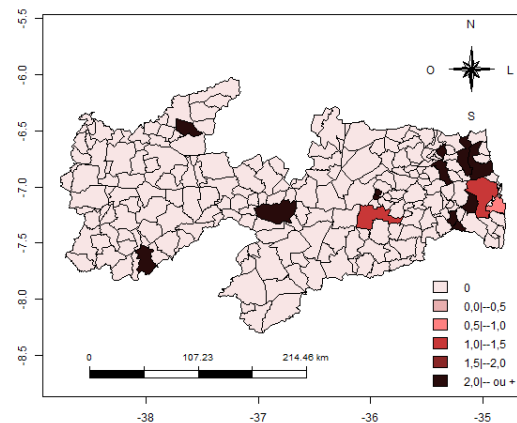


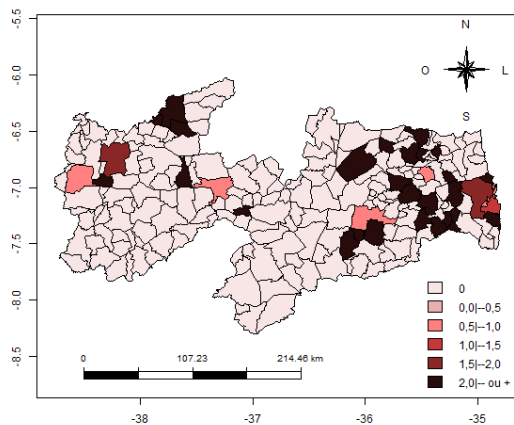
Figura 3 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério menor ou igual a 6 consultas no pré-natal, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



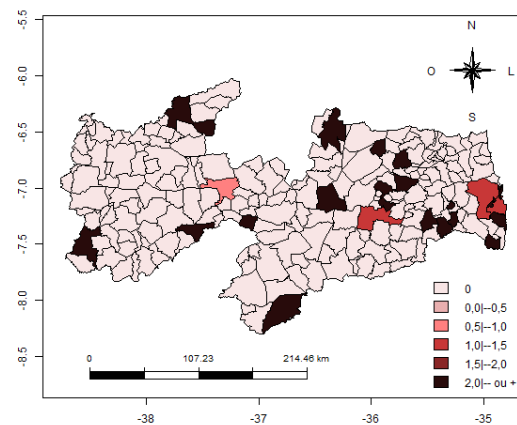
(a)



(b)

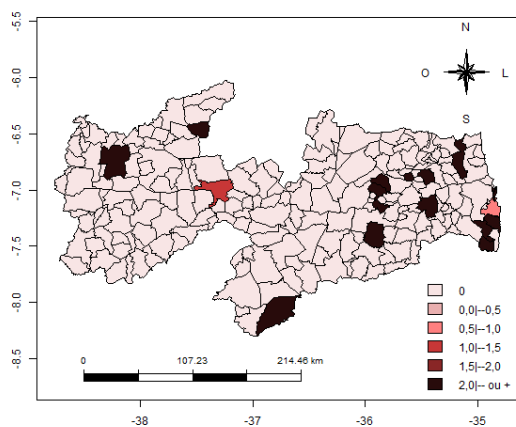


(c)

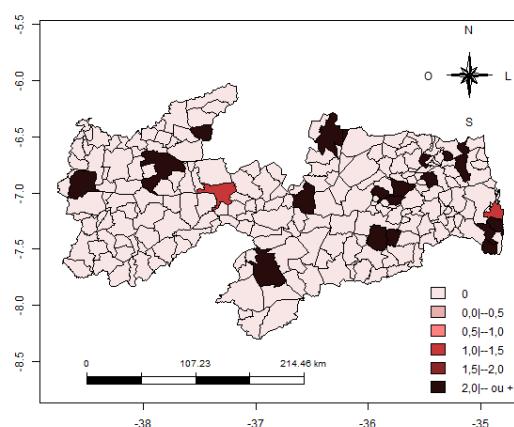


(d)

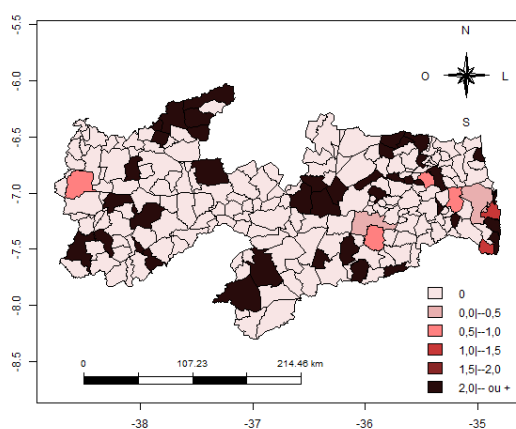
Figura 4 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério maior que 6 consultas no pré-natal, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



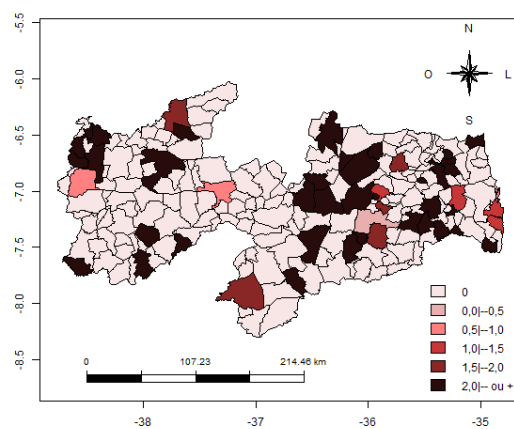
(a)



(b)

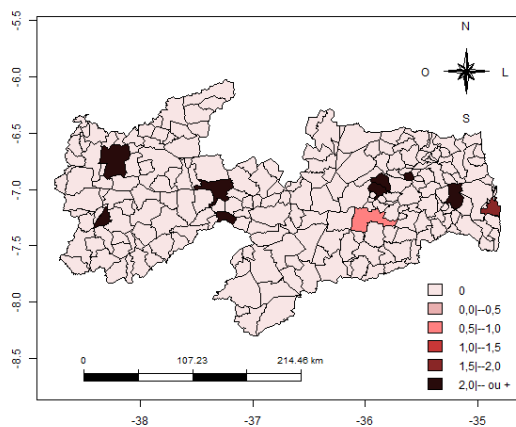


(c)

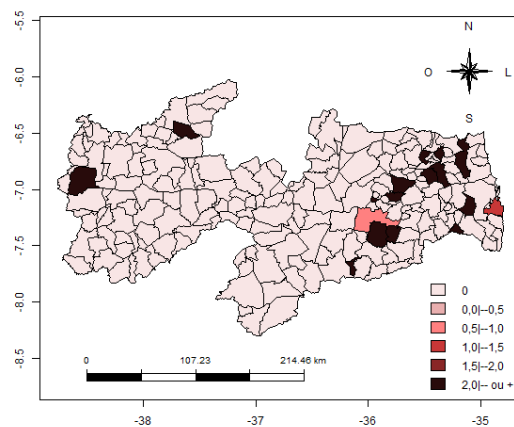


(d)

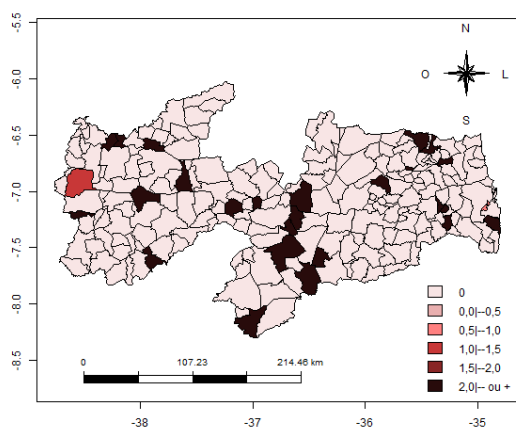
Figura 5 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério índice de Apgar no 1º minuto menor que 7, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



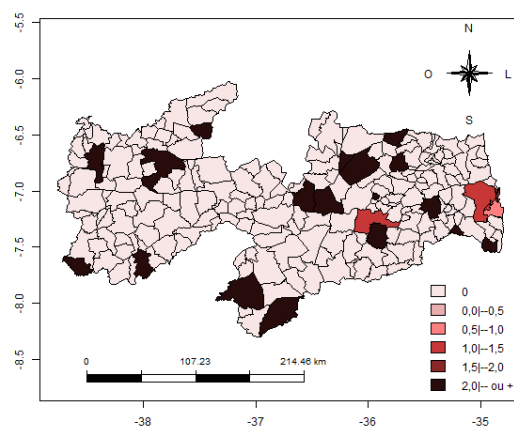
(a)



(b)

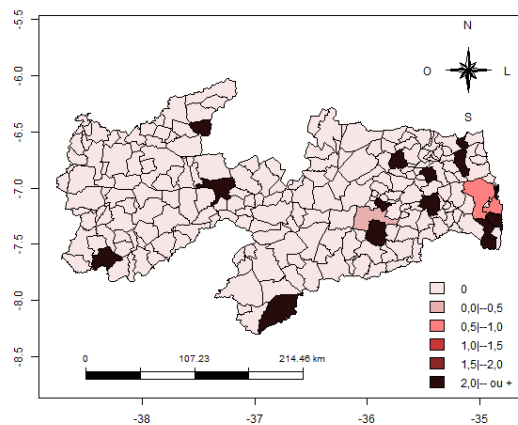


(c)

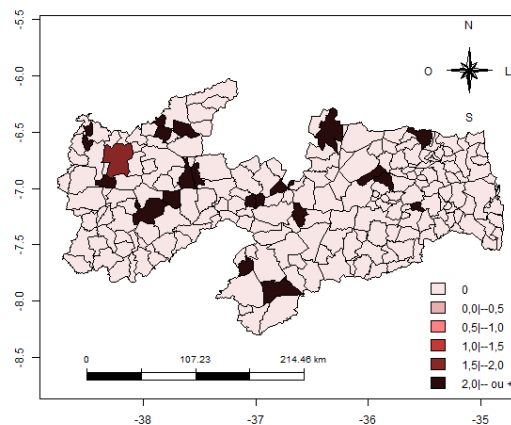


(d)

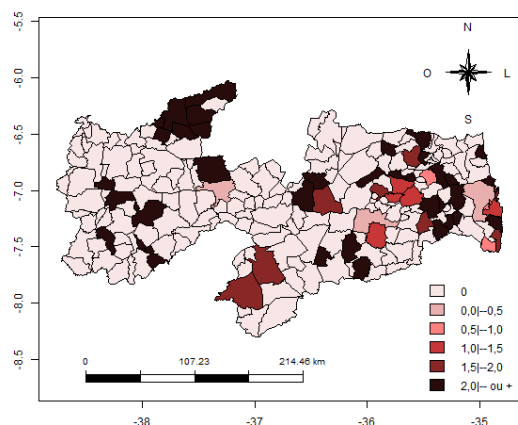
Figura 6 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério índice de Apgar no 1º minuto maior ou igual a 7, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



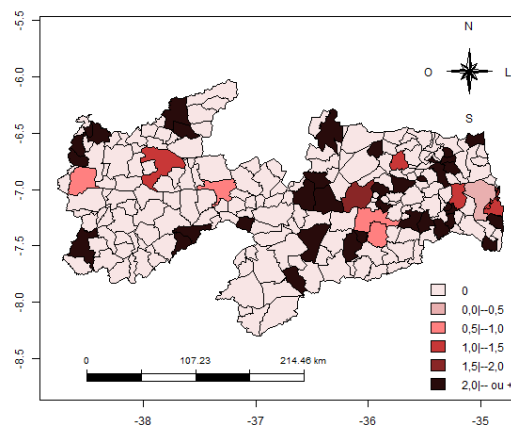
(a)



(b)

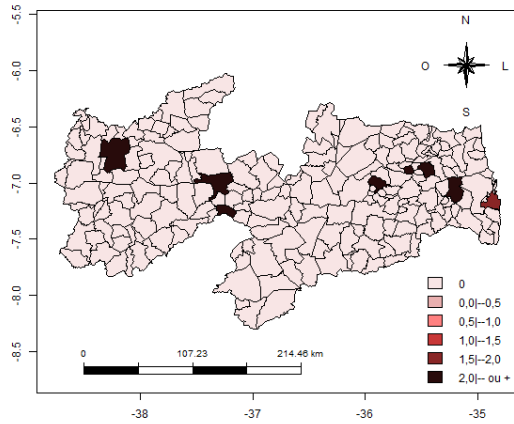


(c)

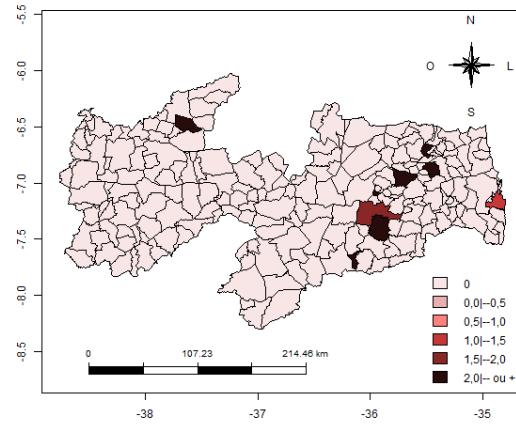


(d)

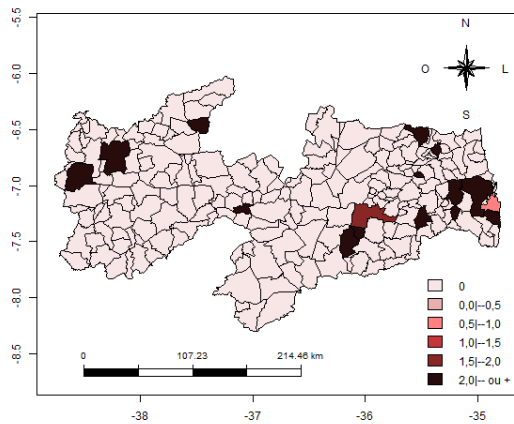
Figura 7 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério índice de Apgar no 5º minuto menor que 7, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



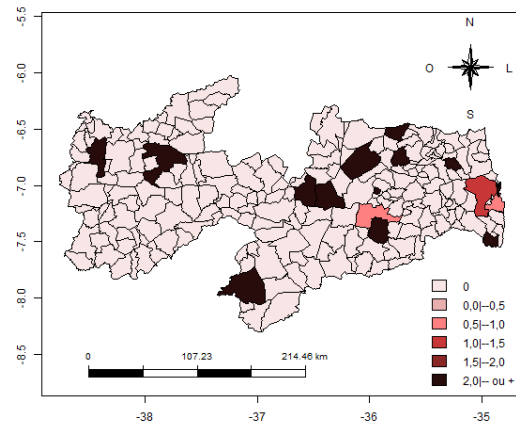
(a)



(b)

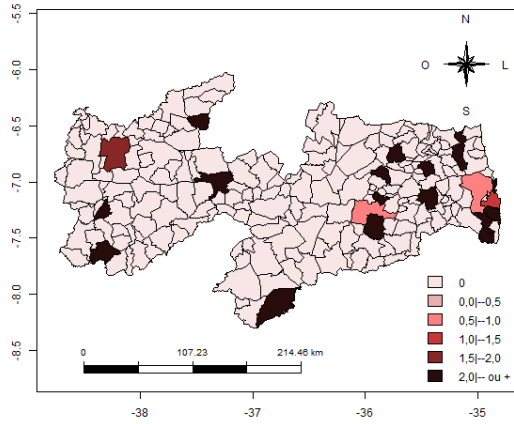


(c)

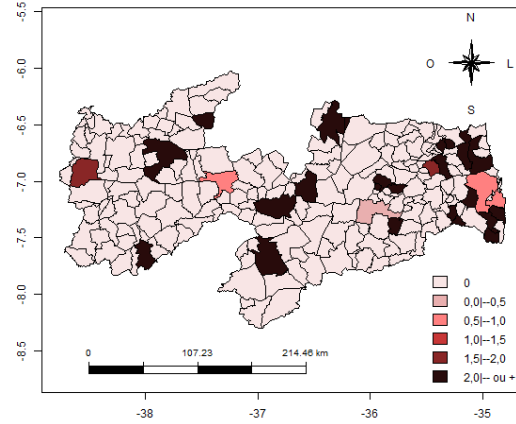


(d)

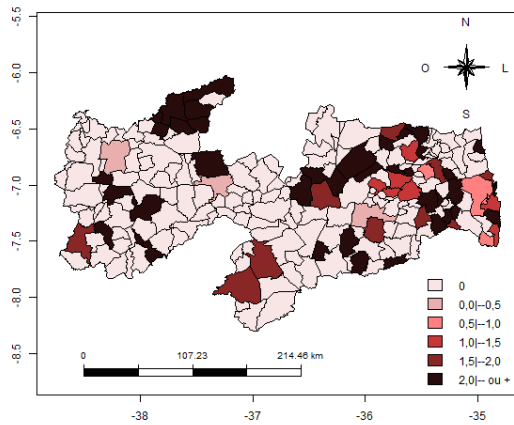
Figura 8 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério índice de Apgar no 5º minuto maior ou igual a 7, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



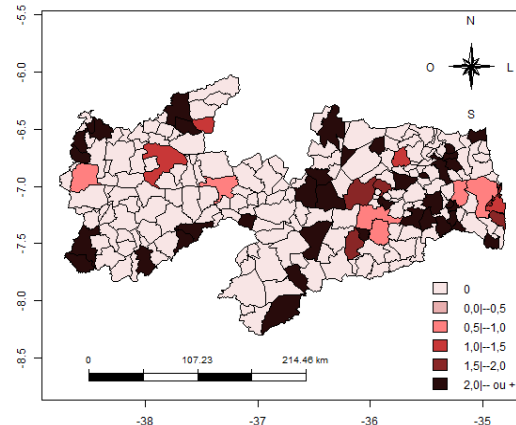
(a)



(b)

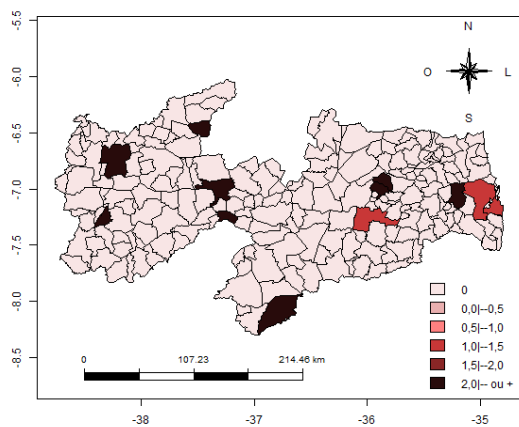


(c)

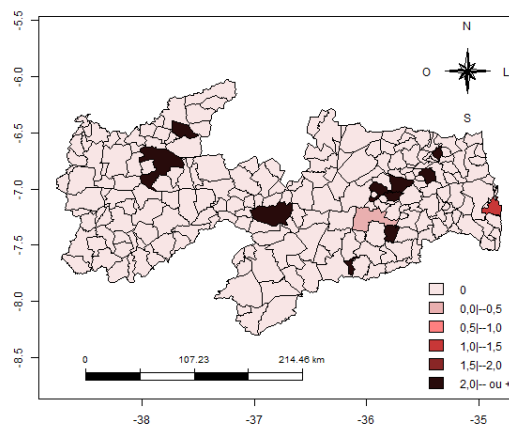


(d)

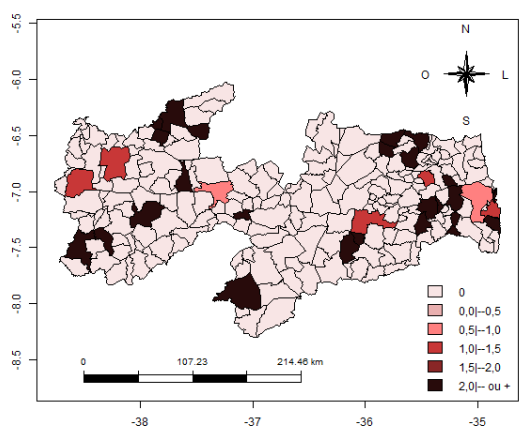
Figura 9 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério baixo peso, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



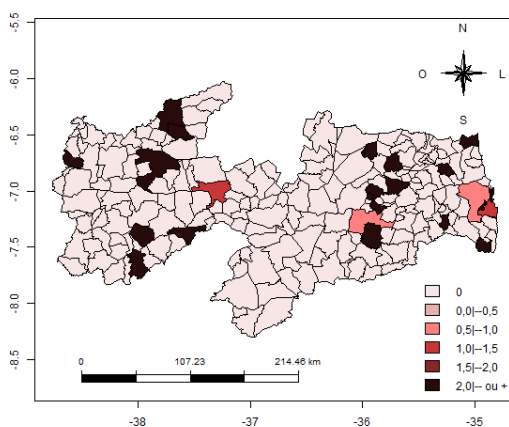
(a)



(b)

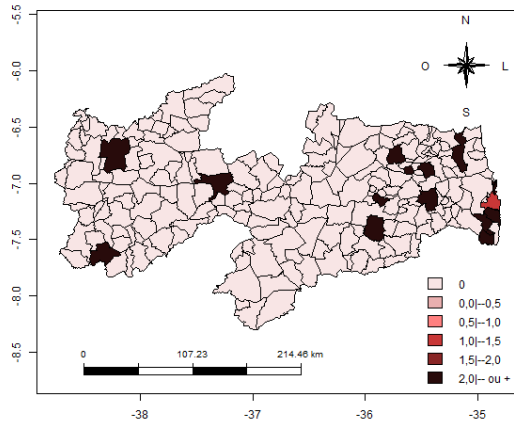


(c)

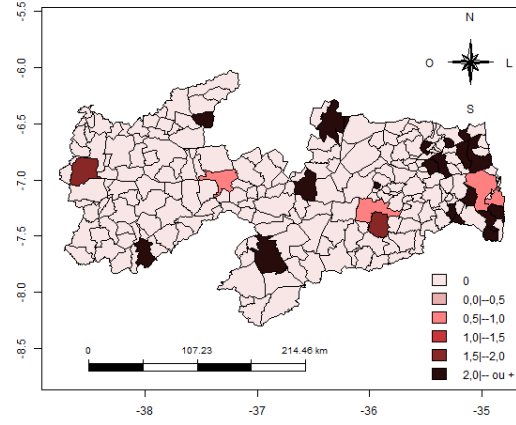


(d)

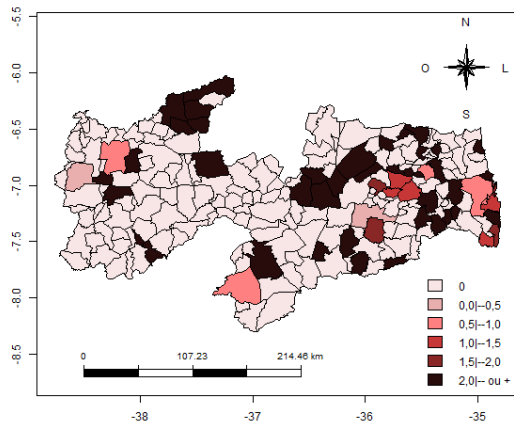
Figura 10 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério peso adequado, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



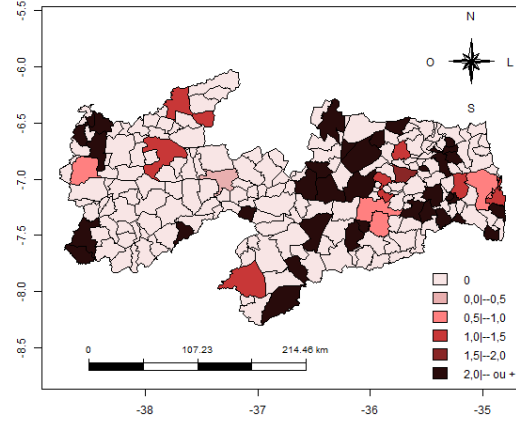
(a)



(b)

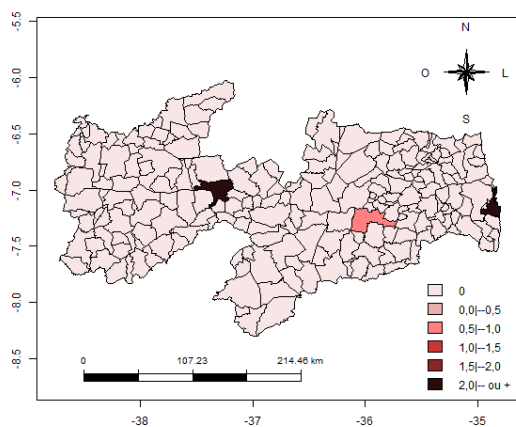


(c)

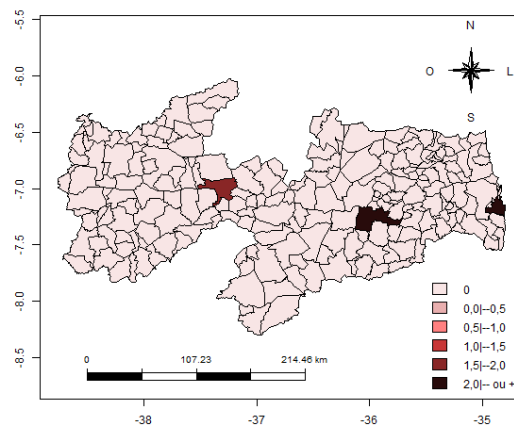


(d)

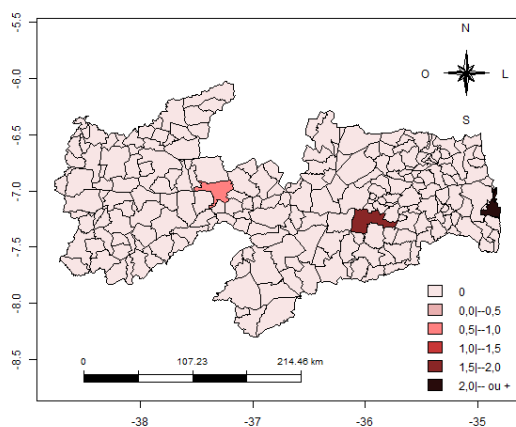
Figura 11 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério IDHM alto, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



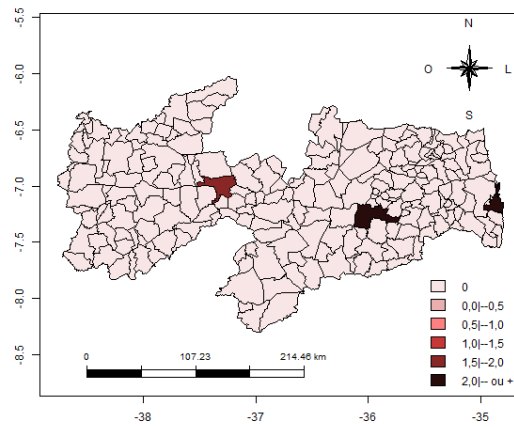
(a)



(b)

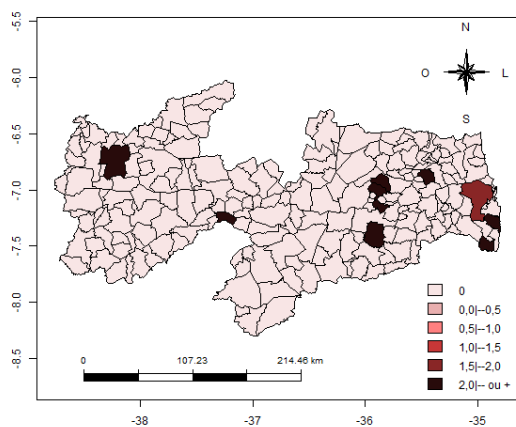


(c)

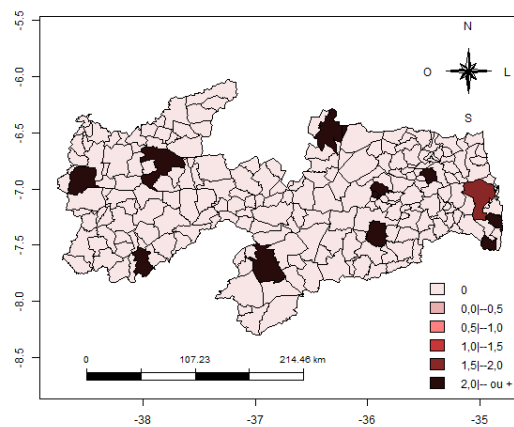


(d)

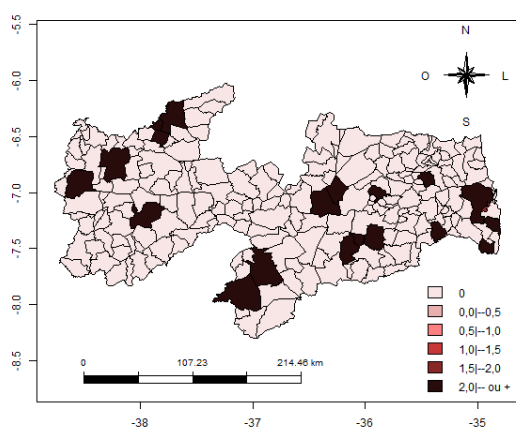
Figura 12 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério IDHM médio, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



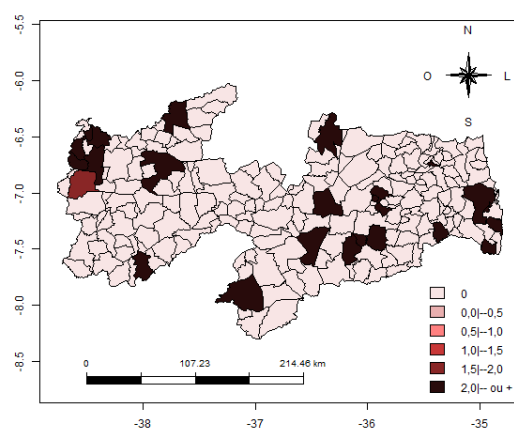
(a)



(b)

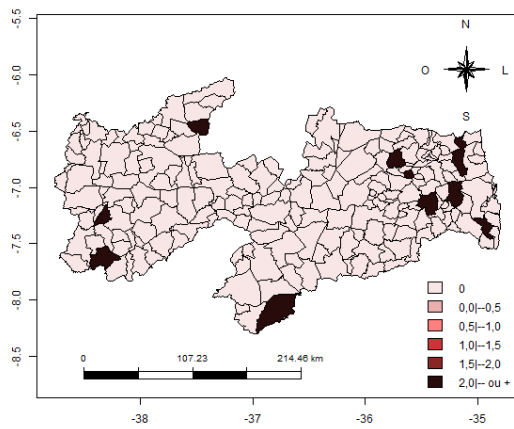


(c)

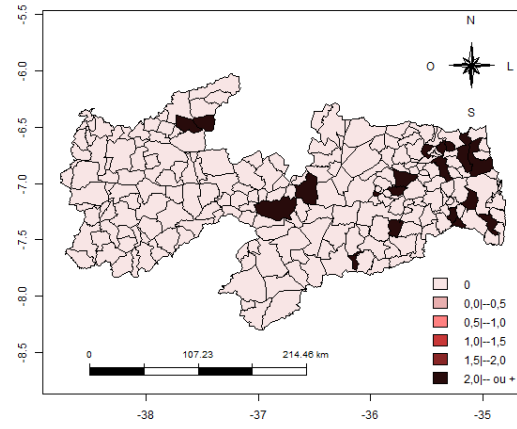


(d)

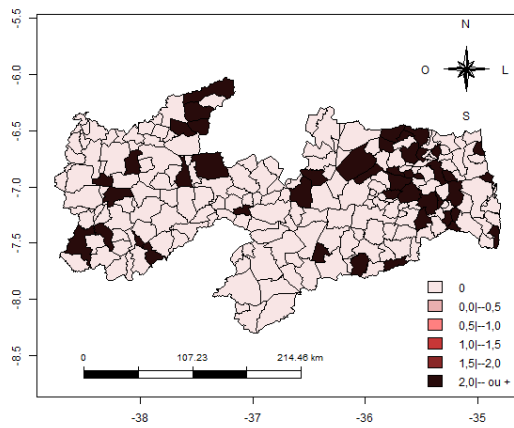
Figura 13 - Anomalias congênitas do sistema nervoso, mapas da RIE referente ao subcritério IDHM baixo, Paraíba, período de 2013 a 2016: (a) 2013, (b) 2014, (c) 2015 e (d) 2016



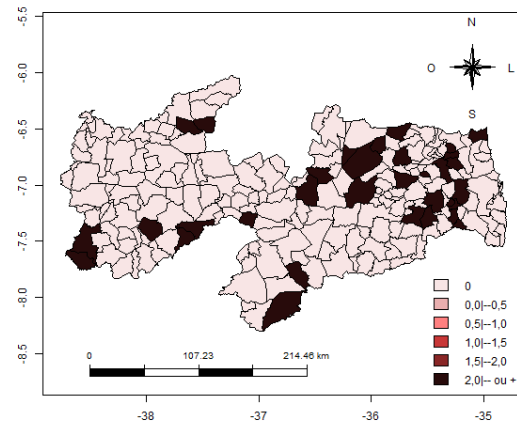
(a)



(b)



(c)



(d)

APÊNDICE D - Estudo de caso

de Lima et al. *Int J Health Geogr* (2019) 18:25
<https://doi.org/10.1186/s12942-019-0187-7>

International Journal of
Health Geographics

RESEARCH

Open Access



A new combination rule for Spatial Decision Support Systems for epidemiology

Luciana Moura Mendes de Lima^{1*}, Laísa Ribeiro de Sá¹, Ana Flávia Uzeda dos Santos Macambira², Jordana de Almeida Nogueira³, Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna⁴ and Ronei Marcos de Moraes²

Abstract

Background: Decision making in the health area usually involves several factors, options and data. In addition, it should take into account technological, social and spatial aspects, among others. Decision making methodologies need to address this set of information, and there is a small group of them with focus on epidemiological purposes, in particular Spatial Decision Support Systems (SDSS).

Methods: Makes uses a Multiple Criteria Decision Making (MCDM) method as a combining rule of results from a set of SDSS, where each one of them analyzes specific aspects of a complex problem. Specifically, each geo-object of the geographic region is processed, according to its own spatial information, by an SDSS using spatial and non-spatial data, inferential statistics and spatial and spatio-temporal analysis, which are then grouped together by a fuzzy rule-based system that will produce a georeferenced map. This means that, each SDSS provides an initial evaluation for each variable of the problem. The results are combined by the weighted linear combination (WLC) as a criterion in a MCDM problem, producing a final decision map about the priority levels for fight against a disease. In fact, the WLC works as a combining rule for those initial evaluations in a weighted manner, more than a MCDM, i.e., it combines those initial evaluations in order to build the final decision map.

Results: An example of using this new approach with real epidemiological data of tuberculosis in a Brazilian municipality is provided. As a result, the new approach provides a final map with four priority levels: "non-priority", "non-priority tendency", "priority tendency" and "priority", for the fight against diseases.

Conclusion: The new approach may help public managers in the planning and direction of health actions, in the reorganization of public services, especially with regard to their levels of priorities.

Keywords: Epidemiology, Spatial analysis, Space-time analysis, Multiple Criteria Decision Making, Spatial Decision Support Systems, Brazil

Introduction

Decision making in a dynamic and rapidly evolving world is a great challenge, since several factors can influence the final decision, such as: the decision maker, conflicts of interest, the importance of the decision, different criteria involved in the problem, among others [1]. In the spatial context, the decision making process is also complex and

requires spatialized information produced from many sources and interpreted by a variety of decision makers in relation to different criteria, objectives and/or alternatives [2].

A method that can take into account different criteria is the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) defined as a set of procedures to help decision makers investigate multiple choice possibilities on the basis of multiple criteria and generate an order of preference for alternatives [3, 4].

The use of MCDM allows structuring the decision making process in well-defined stages, thus assisting such

*Correspondence: lumouramendes@gmail.com

¹ Graduate Program in Decision Models and Health, Department of Statistics, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil
 Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2019. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

process [5]. Thokala and Duenas [6] define four main elements in the MCDM: the criteria by which the alternatives are evaluated, the alternatives to be evaluated, weights of criteria that measure the relative importance of each criterion in comparison with others and scores that reflect the value of the expected performance of the alternatives. MCDM is one of the most well-known branches of decision making [7].

Multiple Criteria Decision Making has been applied in areas of knowledge such as: energy, environment and sustainability, supply chain management, material, quality management, geographic information systems, construction and project management, security and risk management, strategic management, knowledge management, production management, tourism management, among others [8]. It has generally been used in the face of complex, uncertain and conflicting situations [9].

Decision making related to the health area is complex and difficult because it involves multiple factors, options, imperfect information and different order of preferences to those involved [10]. In this area of knowledge, spatial information has been relevant for the decision making by managers. It is of special interest in epidemiological surveillance, Spatial Decision Support Systems (SDSS) which can point out regions by priority level in a geographical region, according to epidemiological measures and specific knowledge about a disease, in order to prevent epidemiological outbreaks.

SDSS has been applied in various areas of knowledge such as flood risk management [11], earthquake disasters [12], infrastructure planning [13] and public education management [14]. SDSS has not been employed in health-related tasks in a significant proportion [15]. SDSSs combine spatial and non-spatial characteristics in the decision making process. Spatial data can be represented by the geographical coordinates of a location and its spatial relationships, being essential in the final decision making process [15]. Ferretti and Montibeller [16] highlighted the relevance of MCDM to the SDSS and the challenges of integrating spatial data and MCDM methods.

In the scientific literature some studies address the spatial relationship with the multiple criteria [16–21]. It was possible to identify Multicriteria Spatial Decision Support Systems (MC-SDSS), an SDSS class based on the association of Geographic Information System (GIS) and MCDM, which uses spatial data and decision maker preferences to provide the final decision [3, 21]. It has been approached in three distinct ways: conventional MCDM for spatial decision making, spatially explicit MCDM and spatial multiobjective optimization [21].

According to Malczewski and Rinner [21], the conventional MCDM approach to spatial problems is usually

characterized by not satisfying the fundamental properties of spatial data such as spatial dependence and heterogeneity. Therefore, it assigns spatial homogeneity to the preferences of the decision maker and value functions [21]. Conventional MCDM has been employed to treat spatial problems [21] and the frequently used methods are: weighted linear combination (WLC) and related procedures [22, 23], reference ideal methods [24], the analytical hierarchy and network process [25], and outranking methods [26].

In this paper, we propose using WLC as a combining rule of a set of SDSS, where each one of them analyzes specific aspects of a complex problem. Each SDSS provides a preliminary assessment regarding a specific variable of the problem and its dimension, and it generates georeferenced maps pointing out priority clusters with respect to that variable. In the following, a WLC serve as a combining rule of the previous results, in order to provide a final decision map with respect to levels of priority for the fight against a disease.

To elucidate the proposed approach, tuberculosis (TB) data from the state of Paraíba, Brazil in 2013 were used. Therefore, this work aims to contribute with a new combining rule for spatial decision making using the weighting of criteria derived from spatial epidemiological information. The use of this approach in health surveillance can provide a scientific way of setting priorities for the fight against diseases, such as TB.

Methods

SDSS has been employed in healthcare as in the following examples. In [27], a system was used to analyze the spatial variation of accessibility to certain services within the area of a city, based on network analysis, and share the results with potential users (citizens and decision makers) in the form of a web application. Another research developed a SDSS and evaluated its usefulness to support management of a program to eliminate malaria and verified high acceptability as an operational data management and surveillance system [28].

In addition, other studies have shown that the system has been successfully used to support malaria eradication in other countries [29], in health care [30] and epidemiological problems, such as: acquired immune deficiency syndrome (AIDS) and dengue fever [31, 32].

Given the applicability of SDSS, the one developed by Moraes et al. [31] stands out for presenting an architecture that considers epidemiological aspects for decision making in public health management. The data are representative for area elements, i.e., the exact geographical location of each occurrence is unknown, but the total occurrence value of each area can be determined. This

architecture differs from the others by considering spatial and non-spatial data, inferential statistics, spatial and spatio-temporal analysis agglutinated by a fuzzy rule-based system.

The architecture of Moraes et al. [31]

Moraes et al. [31] proposed an architecture that took into account only one criterion and epidemiological aspects for decision making in public health management. As presented in Fig. 1, this architecture has as inputs a set of attributes, spatial and non-spatial data and maps. It consists of modules of statistical analysis, spatial analysis and space-time analysis, with their respective developments and a fuzzy rule-based system. All modules and the fuzzy rule-based system will be explained below for a better understanding.

In the statistical analysis module, descriptive analyzes, tables and graphs can be generated in order to know the distribution and statistical characteristics of the disease under study. Subsequently, the Spatial Incidence Ratio (SIR) seeks to know the relative contribution of observed cases in an area in relation to the population of such area. For this, it is essential to know some concepts of spatial analysis: geographic region and geo-object. The geographic region is the defined area of the study in which the events of interest occur, and the geo-object is exposed by a set of diverse and geographically identifiable objects within the geographic region [33]. For example, Brazil could be the geographic region under study and each of its states would be a geo-object. Formally, let A be

a geographic region constituted by a set of n geo-objects indicated by $a_1, a_2, \dots, a_n$. Let $V(a_i)$ be a random variable that refers to the number of occurrences of an epidemiological event in a limited period of time within each geo-object in a_i expressed as $v_1, v_2, \dots, v_n$. Lastly, let $X(a_i)$ be the population under risk for that epidemiological event within each geo-object of a a_i , denoted by $x_1, x_2, \dots, x_n$ [34, 35]. The SIR for each geo-object a_i can be presented as in the following equation [34, 35]:

$$SIR(a_i) = \frac{\frac{V(a_i)}{X(a_i)}}{\sum_{i=1}^n \frac{V(a_i)}{X(a_i)}} \quad (1)$$

that is, the SIR of the geo-object a_i is given by the incidence ratios of the occurrence of the event in that geo-object with respect to the geographic region. Table 1 shows the interpretation of the SIR according to its classification.

Also in the statistical analysis module, the normality test aims to verify if a dataset can be approximated by the normal distribution [36]. One possible test to use is the Lilliefors test. This will define the set of possible methods to be used later.

Correlation analysis is a measure used to verify the degree of correlation between variables [36]. If the study data do not present a normal distribution, nonparametric statistical tests, such as the Spearman correlation coefficient, can be used. Spearman's correlation coefficient is a measure of association between two variables and

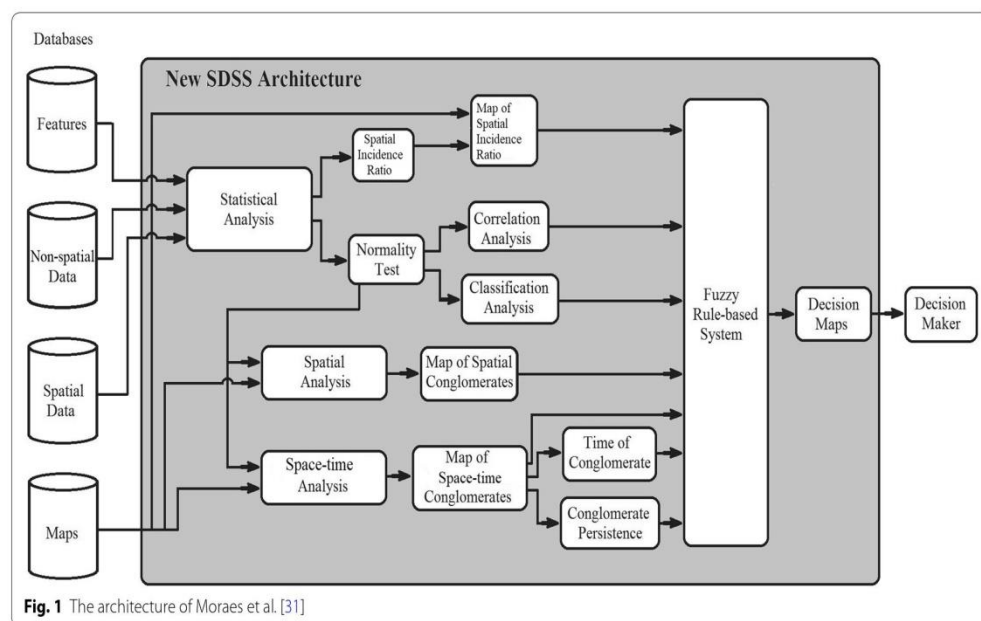


Table 1 Values and interpretation of the Spatial Incidence Ratio

Values	Interpretation
$SIR(a) = 0$	When the geo-object under study has no epidemiological incidence
$0 < SIR(a) < 0.5$	The SIR is less than half of the total incidence of the geographical region
$0.5 \leq SIR(a) < 1.0$	SIR is more than half of the total incidence, but is less than the epidemiological incidence of the geographical region
$1.0 \leq SIR(a) < 1.5$	Then SIR is higher than the total incidence of the geographical region by less than 50%
$1.5 \leq SIR(a) < 2.0$	The SIR exceeds the global incidence of the geographical region by more than 50%
$SIR(a) \geq 2.0$	Then SIR is two or more times higher than the total incidence of the geographical region

requires both to be measured at least on an ordinal scale [36].

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N} \quad (2)$$

where d_i^2 : difference between each rank of the values corresponding to the observations and N : number of pairs of observations.

The values of the coefficient range from -1 to 1 , with $0.75 \leq r_s \leq 1.00$ referring to a strong correlation, $0.50 \leq r_s < 0.75$ a moderate correlation, $r_s < 0.50$ a weak correlation, 0 indicates absence of correlation and $r_s = \pm 1$ is a perfect correlation.

In the classification analysis module, the fuzzy parallelepiped method can be used to determine the urban areas scattered in a heterogeneous environment, allowing to assign a geo-object to more than one priority level for the fight against diseases, according to a certain degree of pertinence. In general, fuzzy methods have been shown to be more appropriate than conventional methods for the classification of heterogeneous areas [37].

The spatial analysis module is intended to detect and infer spatial clusters. One possible method is the Circular Scan Statistic [38]. This methodology uses a circle, positioned on the center of mass of each geo-object of the geographic region under study, in order to identify the spatial clusters in which the occurrence of the event is significantly more likely inside the circle than outside it. The radius of the circle is increasing and can range from zero to a maximum value of 50% of the population at risk [38]. Due to the nature of the epidemiological data being discrete, the Poisson probabilistic model is a good alternative. In general, a significance level of 5% is used for the hypothesis tests of Monte Carlo simulations with 999 random replications of the data with the null hypothesis of spatial randomness [38].

According to the assumption of the Poisson model, the radius with values of $p(a)$ and $q(a)$ that maximize the likelihood function conditioned to the total of observed cases are computed, where the likelihood ratio is understood as the one that tests the hypothesis of an event

occurring randomly. Assuming a possible cluster, the Scan (S) statistic can be calculated according to the following equations [38]:

$$S = \max_{a \in A} \frac{L(a, \hat{p}(a), \hat{q}(a))}{L_0} \quad (3)$$

where A represents a geographic region formed by a set of n geo-objects, or of all possible cluster candidates, denoted by: $a_1, a_2, \dots, a_n$, with $\hat{p}(a)$ and $\hat{q}(a)$ being estimates of $p(a)$ and $q(a)$, where $p(a)$ is a probability of individuals being inside the circle, while $q(a)$ is a probability of individuals being outside. L_0 can be defined as:

$$L_0 = \frac{O^O (X - O)^{X-O}}{X^X} \quad (4)$$

where O is the total number of observed cases across the entire geographic region A and X is the total population exposed to risk in the geographic region A . $L(a, \hat{p}(a), \hat{q}(a))$ can be defined as:

$$L(a, \hat{p}(a), \hat{q}(a)) = \frac{\exp[-p(a)X(a) - q(a)(X(A) - X(a))]}{O! \times p(a)^{c(a)} q(a)^{C-c(a)} \prod_i c(i)} \quad (5)$$

where $\exp$ represents the exponential function, $c(a)$ and $c(i)$ ($a, i = 1, 2, \dots, n$) are, respectively, the number of cases in the geo-object a and in the geo-object i and $X(a)$ is the number of individuals at risk in geo-object a .

In the space-time analysis, we try to detect clusters that happen in space and time concomitantly. One possible methodology is the space-time Scan statistic. The main difference between the Scan circular statistic and the space-time Scan is the time period and the cylindrical scanning format. The sweep is made by means of cylinders that present a circular base, equivalent to the geographic dimension, and the height, corresponding to the interval of time. This base is centered on one of the centroids of the geo-objects contained in the geographic region of study with the radius varying in size continuously. It is indicated that the time interval is limited to half of the total period and the geographical dimension

to half the number of expected cases [39]. Therefore, the cylindrical window moves in space and time so that for every possible geographic location, it also visits every possible period of time, translating to overlapping cylinders of different sizes that are tested for the probability of composing a space–time cluster. The significance of a cluster is calculated using the Monte Carlo simulation, of which the null hypothesis asserts its non-existence and the alternative hypothesis that there is at least one cluster with a 5% level of significance [39].

In space–time Scan, time can be approached as a retrospective or prospective analysis. Retrospective analysis aims to detect clusters over a given period of time by performing a single analysis [39], while in the prospective it happens repeatedly in the period of time [40].

The results from these modules serve as input to a fuzzy rule-based system which agglutinates this information and produces as output a map indicating areas with different levels of priorities for the fight against diseases. In the study, a fuzzy rule-based system based in [41] was used. The knowledge used in the rule base comes from experts in the specific field of application. In this case, the rules come from the relationships between the epidemiological, spatial and spatiotemporal statistics of the disease and the priority levels that must be given to combat them.

The fuzzy set was proposed by [42] and is characterized by pertinence functions, assigned to each object of the set, which vary between zero and one. Let H be a space of points, with a generic element of H denoted by h . A fuzzy set B in H is characterized by a pertinence function $\mu_B(h)$ that assigns to each point in H a real number in the interval $[0,1]$, where $\mu_B(h)$ corresponds to the pertinence degree of h in B . A fuzzy rule-based system is composed by: fuzzification, rules, inference and defuzzification [43, 44]. Fuzzification has the intent of transforming a non-fuzzy set in a fuzzy set. The rules are formulated with linguistic variables that are represented by a variable of which the values are words or phrases in a natural or artificial language. In the inference process, logical connectives were used with the objective of indicating the fuzzy relationship that models the rules, while the defuzzification corresponds to the last stage, in which the resulting fuzzy set is converted to a numeric value [43, 44].

The modules explained above can be suppressed or modified in their methodology, according to the needs of the problem in question [30]. It allows an adaptive contribution in the process of decision making.

WLC for spatial decision making

The WLC is a simple, easy-to-understand method and has been consistently used in the MCDM method with GIS [23]. It can be defined as a technique which uses

spatial data and decision maker preferences to provide the decision map [21]. The WLC takes into account two components: the weight for each criterion and the value function. The weight represents the importance of each criterion in the understanding of the decision maker (expert). The sum of the weights must be equal to one [23, 45]. The value function converts the different levels of a criterion on a comparable scale [45]. The WLC method to choose the best alternative for each geo-object can be expressed by the equation:

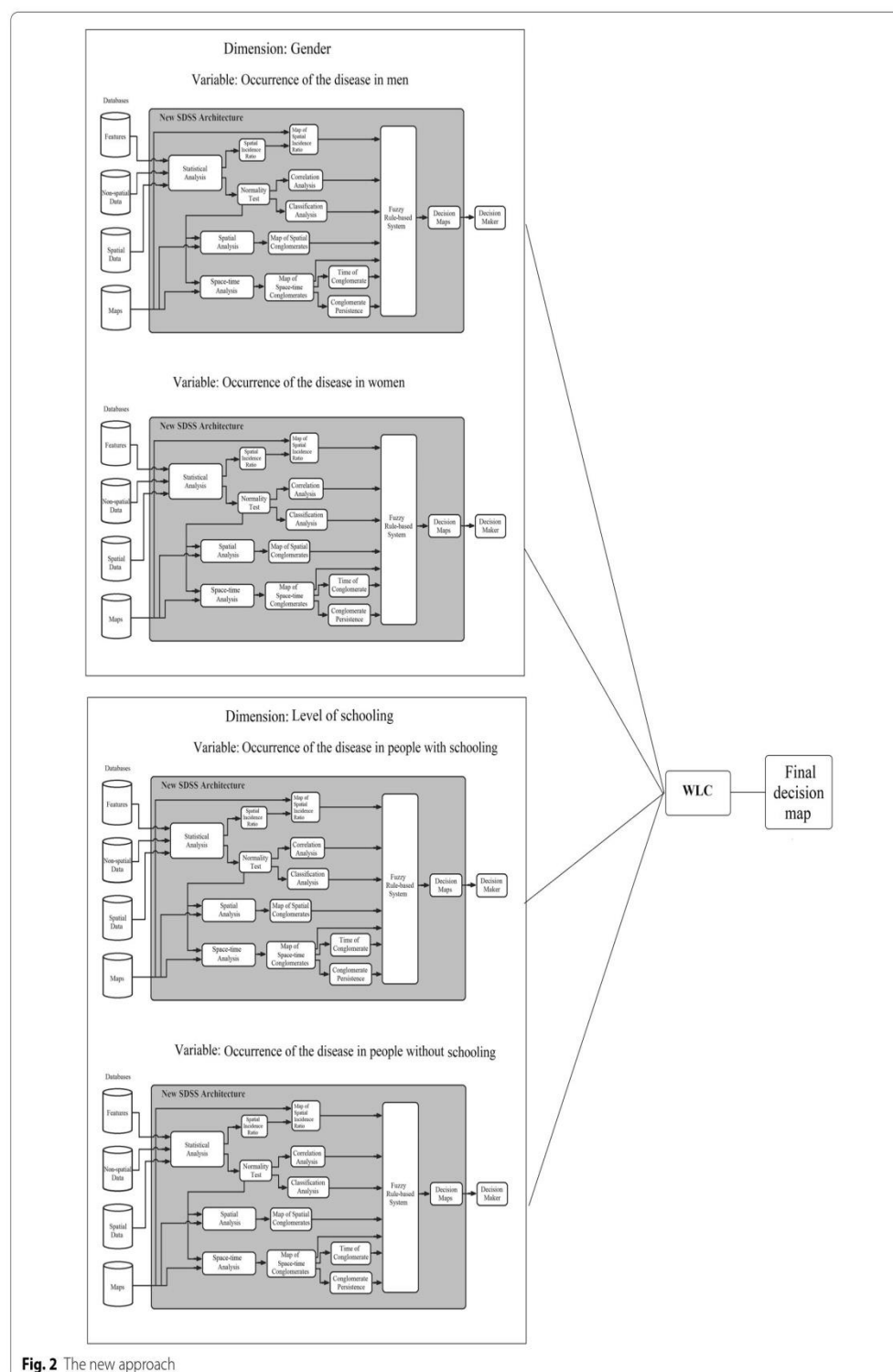
$$P^*(a) = \max_i \left\{ \sum_{j=1}^K z_{ij}(a) w_j \right\}, \forall i=1,2,\dots,m; \quad (6)$$

$$j=1,2,\dots,K \text{ and } a=1,2,\dots,n$$

where $P^*(a)$ is the best score among the m alternatives for each geo-object a ; z_{ij} is the value function of the i -th alternative in terms of the j -th criterion for each geo-object, and w_j is the weight attributed to each of the K criteria.

The new approach

In this paper, we propose using and replying the architecture proposed by Moraes et al. [31] for each variables that composes the dimensions of a spatial problem, generating georeferenced maps for each of them. Subsequently, the WLC is applied as a combining rule for each geo-object of the geographic region (Fig. 2). For example, the TB can be analyzed according to several georeferenced dimensions that are analyzed separately, according to their relevant variables. For example, the dimension “gender” has two epidemiological variables: “occurrence of the disease in men” and “occurrence of the disease in women”; the dimension “level of schooling” has two epidemiological variables: “occurrence of the disease in people with schooling” and “occurrence of the disease in people without schooling”. It is noteworthy that the variables are grouped in these dimensions due to the similarity of knowledge used in the rule-based system. Experts in the specific field of application in line with the scientific literature developed the rules for each SDSS and assigned the weights of each criterion. Specifically, each geo-object of the geographic region is processed, according to its own spatial information, by an SDSS using spatial and non-spatial data, inferential statistics and spatial and spatio-temporal analysis, which are then grouped together by a fuzzy rule-based system that will produce a georeferenced map. The results from each variable are combined by the WLC as a criterion in a MCDM problem, producing a final decision map about the priority levels for fight against a disease.

**Fig. 2** The new approach

Results

Application of the new approach

Tuberculosis is an infectious disease of chronic evolution, being one of the ten leading causes of death worldwide. In 2017, it is estimated that 10 million people throughout the world developed the disease, with approximately 5.8 million being males, 3.2 million females and 1.0 million children. In the same year, about 1.3 million deaths were registered [46]. According to the new classification of the World Health Organization (2016–2020), Brazil ranks 20th in the list of 30 countries with high TB burden and 19th in the list of 30 countries with high tuberculosis–human immunodeficiency virus (HIV) co-infection [46]. In view of the seriousness of this epidemiological scenario, the new approach was applied on TB notified cases in the city of João Pessoa, in the Brazilian state of Paraíba, in order to demonstrate its usefulness.

A total of 2352 cases of TB were reported in the city of João Pessoa between 2009 and 2013. The dimensions used in the study were gender (occurrence of the disease in men and occurrence of the disease in women) and level of schooling (occurrence of the disease in people with schooling and occurrence of the disease in people without schooling). Each of the dimensions is analyzed initially by the architecture proposed by [31] independently, producing as a result a map for that variable. The resulting of each variable, in turn, became input criteria to the MCDM according to its specific considerations, composing the new approach proposed in this article (Fig. 2).

Weights for each criterion were assigned by specialists in the specific field of application, who were also based on the disease-specific scientific literature. These, in turn, can be modified according to certain particularities. Accordingly, the rules that make up each rule-based fuzzy system within each SDSS should also be changed. Studies show that TB is more frequent in males individuals [46–49], perhaps as a result of men being more prone to alcoholism, malnourishment or co-infection with the HIV virus [50]. Regarding the educational level, investigations show association of TB with illiteracy and low level of schooling [50, 51]. Low level of schooling is associated with delayed diagnosis of the disease [52], and adhesion to treatment [53]. Illiteracy is also associated with TB mortality [54]. Thus, the highest weights were attributed to male individuals and those with no schooling.

$$w_j = [0.30 \quad 0.15 \quad 0.40 \quad 0.15]$$

where 0.30: weight attributed to the male individuals; 0.15: weight attributed to the female individuals; 0.40: weight attributed to those with schooling; 0.15: weight attributed to those without schooling.

As a final result, a new map was obtained showing the four alternatives for the fight against diseases: “non-priority”, “non-priority tendency”, “priority tendency” and “priority”, i.e., priority levels for each geo-object present in the geographic region being studied. The “non-priority tendency” applies in the case of a neighborhood that does not belong to a significant spatial cluster, but has had negative correlation analysis of the SIR in the last 3 years. The “priority tendency” refers to neighborhoods that do not belong to a significant spatial cluster, but present positive correlation analysis of the SIR. This map refers to the city of João Pessoa, representing the four priority levels for the fight against TB in each neighborhood. Figure 3 presents the 36, of the 64 neighborhoods of the city, which were considered to be “non-priority”. They were dispersed throughout the municipality. Thirteen presented “priority tendency”, with a greater concentration in the west and ten were considered “priority” for the fight against TB. Five presented a “non-priority tendency”, of which the majority were located in the north-west region of the city.

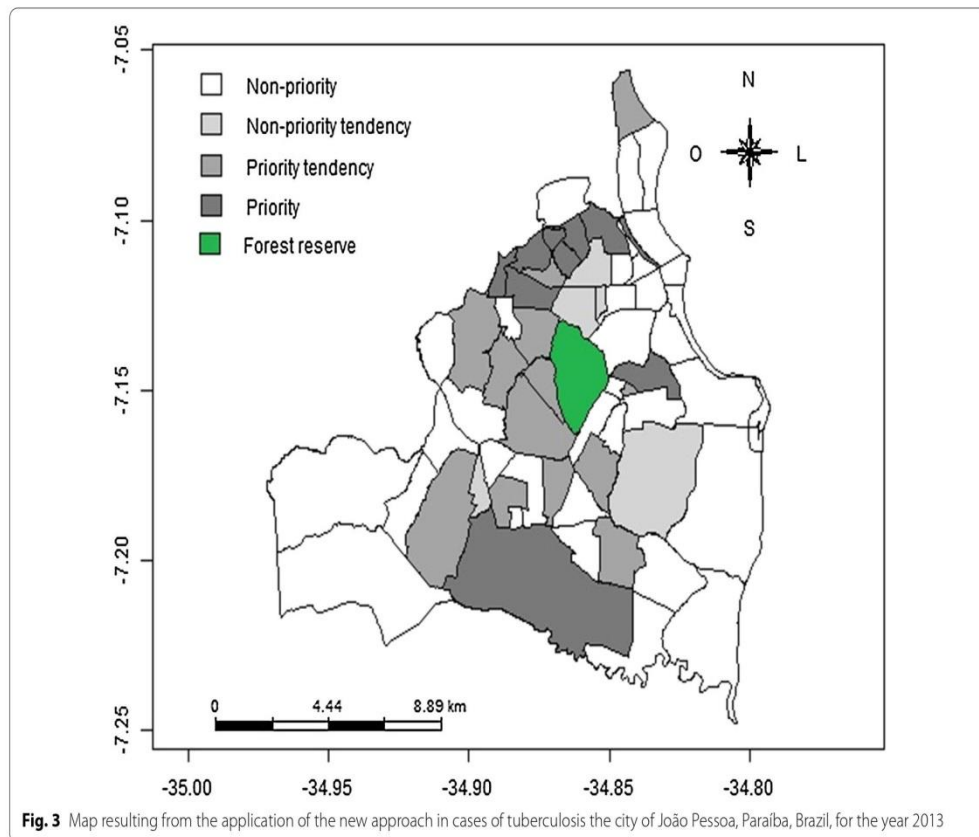
Discussion

From the epidemiological point of view, the alternatives “priority” and “priority tendency” require immediate and future interventions by the public manager, respectively. These alternatives help the manager to make a decision in a coherent and assertive way. In addition, if there is availability and resources, this intervention can be done immediately in both situations.

Most of the neighborhoods that were considered “priority” or “tendency priority” have higher population densities or socioeconomic vulnerability. In the region with the highest concentration of priority neighborhoods there is a prison, in addition to some points of prostitution. The prevalence of TB is higher in the prison population, which can be justified by overcrowding and poor lighting and ventilation conditions [55].

The research of [56] stated that the spatial distribution of TB was more concentrated in neighborhoods with higher population and intradomiciliary densities, corroborating the results of the present study. Another study found that TB occurred predominantly in the central region of Divinópolis, Minas Gerais, Brazil, and a significant association can be found between the disease and the sites with the highest population density [49], similarly to the findings of this work. In a study conducted in Fortaleza, Brazil, it was found that TB cases were agglomerated in areas with high informal settlement rates [57].

In general, TB is a disease that affects the economically disadvantaged population [58]. The occurrence of TB is associated to socioeconomic inequalities [56]. As such, it is important to articulate several public services, such as



the health, housing, infrastructure, social assistance and education sectors, with the objective of minimizing the social burden of TB [56].

Using the architecture proposed by [31] through replication for each variable of the problem, an in-depth analysis of each one was possible. They composed the set of criteria in the context of the final decision making for each geo-object of the geographic region. Therefore, this approach can contribute to the management of epidemiological surveillance taking into account the administrative and epidemiological information, especially in what concerns the priority areas for the fight against diseases. Another contribution of this work is a new combination rule for spatial decision making using the weighting of criteria derived from spatial epidemiological information. As epidemiological problems of this nature are all structured in a similar way, it is possible to use this new approach for analyzing different diseases. It is worth noting that this approach is general and can be applied to other problems in health sciences, as well as in other areas beyond that, taking into account georeferenced information.

The limitation of this research refers to the use of secondary data, which requires information of good quality and accurately recorded, and such information is sometimes not available. However, future works may increase the number of epidemiological or surveillance information.

Conclusion

The present study presented an innovative approach with an interdisciplinary point of view, involving statistical and spatial analysis, multicriteria decision making and epidemiology. No other similar approach was found in the scientific literature. It allowed the application of epidemiological data and the identification of areas with different levels of priority for the fight against diseases. This approach can be adopted for other diseases, using specific modules according to the problematic in question. It allows an adaptive contribution in the process of decision making using georeferenced data.

Acknowledgements
Not applicable.

Authors' contributions

LMML contributed as well as analysis and interpretation of the analysis results and was a major contributor in writing this manuscript. LRS contributed the conception of the study, data acquisition, as well as analysis and interpretation of the analysis results. AFUSM contributed interpretation of the analysis results. JAN, RPTV and RMM supervised the data processing and interpretation of results. RMM contributed substantially to the analysis of data. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

Financial support for this study was provided in part by 88887.144662/2017-00 of Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES)/Foundation for Research Support of the State of Paraíba (FAPESQ/PB) and 308250/2015-0 of the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

Availability of data and materials

Not applicable.

Ethics approval and consent to participate

The project was evaluated and approved by the Health Education Management of the Municipal Secretariat of Health of João Pessoa, Paraíba, Brazil, according to process nº 17.868/2014.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹ Graduate Program in Decision Models and Health, Department of Statistics, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil. ² Department of Statistics, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil. ³ Department of Nursing, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil. ⁴ Department of Nutrition, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil.

Received: 14 August 2019 Accepted: 24 October 2019

Published online: 09 November 2019

References

- Bhushan N, Rai K. Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process. Berlin: Springer Science & Business Media; 2004.
- Sugumaran R, Degroote J. Spatial decision support systems: principles and practices. Boca Raton: CRC Press; 2010.
- Malczewski J. GIS and multicriteria decision analysis. Hoboken: Wiley; 1999.
- Zardari NH, Ahmed K, Shirazi SM, Yusop ZB. Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management. Springer briefs in water science and technology. Berlin: Springer; 2015.
- Guarnieri P, editor. Decision models in engineering and management. Berlin: Springer; 2015.
- Thokala P, Duenas A. Multiple criteria decision analysis for health technology assessment. Value Health. 2012;15(8):1172–81. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2012.06.015>.
- Triantaphyllou E. Multi-criteria decision making methods: a comparative study. Applied optimization, vol. 44. Dordrecht: Springer Science & Business Media; 2000.
- Mardani A, Jusoh A, Nor KMD, Khalifah Z, Zakwan N, Valipour A, et al. Multiple criteria decision-making techniques and their applications—a review of the literature from 2000 to 2014. Ekon Istraz. 2015;28(1):516–71. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>.
- Sen P, Yang J-B. Multiple criteria decision support in engineering design. London: Springer Science & Business Media; 1998.
- Marsh K, Goetghebuer M, Thokala P, Baltussen R, editors. Multi-criteria decision analysis to support healthcare decisions. Berlin: Springer; 2017.
- Horita FEA, Albuquerque JP, Degrossi LC, Mendiondo EM, Ueyama J. Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks. Comput Geosci. 2015;80:84–94. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.04.001>.
- Nyimbili PH, Erden T. Spatial decision support systems (SDSS) and software applications for earthquake disaster management with special reference to Turkey. Nat Hazards. 2018;90(3):1485–507. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3089-7>.
- Kim HY, Lee HK. Enhanced validity and reliability of spatial decision support systems (SDSS) for sustainable transportation decision-making. Appl Geogr. 2014;51:65–71. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.03.009>.
- Carvalho VDH, Barbirato JCC, Cirilo JVA, Poletto T. Uma metodologia para sistemas espaciais de apoio à decisão aplicados à gestão da educação pública. In: 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Integrado e Sustentável. Contrastes, Contradições e Complexidades. Macaé, Brasil. 2016.
- Keenan PB, Jankowski P. Spatial decision support systems: three decades on. Decis Support Syst. 2019;116:64–76. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.10.010>.
- Ferretti V, Montibeller G. Key challenges and meta-choices in designing and applying multi-criteria spatial decision support systems. Decis Support Syst. 2016;84:41–52. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.01.005>.
- Carver SJ. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. Int J Geogr Inf Sci. 1991;5(3):321–39. <https://doi.org/10.1080/02693799108927858>.
- Jankowski P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods. Int J Geogr Inf Sci. 1995;9(3):251–73. <https://doi.org/10.1080/02693799508902036>.
- Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. Int J Geogr Inf Sci. 2006;20(7):703–26. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>.
- Coutinho-Rodrigues J, Simão A, Antunes CH. A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures. Decis Support Syst. 2011;51(3):720–6. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.02.010>.
- Malczewski J, Rinner C. Multicriteria decision analysis in geographic information science. Advances in geographic information science. New York: Springer; 2015.
- Drobne S, Lisec A. Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. Informatica. 2009;33(4):459–74.
- Malczewski J. On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. Trans GIS. 2000;4(1):5–22. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>.
- Cables E, Lamata MT, Verdegay JL. RIM-reference ideal method in multicriteria decision making. Inf Sci. 2016;337:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.12.011>.
- Lee M-C. The analytic hierarchy and the network process in multicriteria decision making: performance evaluation and selecting key performance indicators based on ANP model. In: Convergence and hybrid information technologies. IntechOpen; 2010.
- Joerin F, Thériault M, Musy A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. Int J Geogr Inf Sci. 2001;15(2):153–74. <https://doi.org/10.1080/13658810051030487>.
- Burdziej J. A web-based spatial decision support system for accessibility analysis-concepts and methods. Appl Geomat. 2012;4(2):75–84. <https://doi.org/10.1007/s12518-011-0057-x>.
- Wangdi K, Banwell C, Gatton ML, Kelly GC, Namgyal R, Clements ACA. Development and evaluation of a spatial decision support system for malaria elimination in Bhutan. Malar J. 2016;15(1):180. <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1235-4>.
- Kelly GC, Seng CM, Donald W, Taleo G, Nausien J, Batarii W, et al. A spatial decision support system for guiding focal indoor residual spraying interventions in a malaria elimination zone. Geospat Health. 2011;6(1):21–31. <https://doi.org/10.4081/gh.2011.154>.
- Delmelle E, Delmelle EC, Casas I, Barto T. HELP: a GIS-based health exploratory analysis tool for practitioners. Appl Spat Anal Policy. 2011;4(2):113–37. <https://doi.org/10.1007/s12061-010-9048-2>.
- Moraes RM, Nogueira JA, Sousa AC. A new architecture for a spatio-temporal decision support system for epidemiological purposes. In: Decision making and soft computing: proceedings of the 11th international-FLINS conference. World Scientific; 2014. https://doi.org/10.1142/9789814619998_0006.

32. Melo JCS, Moraes RM. Sistema Espacial de Suporte à Decisão para Gestão do Combate ao Dengue Usando Lógica Fuzzy. TEMA (São Carlos). 2018;19(3):405–21. <https://doi.org/10.5540/tema.2018.019.03.0405>.
33. Goodchild M. Geographical data modeling. Comput Geosci. 1992;18(4):401–8. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(92\)90069-4](https://doi.org/10.1016/0098-3004(92)90069-4).
34. Pinto MMPS, Silva ATMC, Moraes RM. Detecção de aglomerados espaciais dos casos de crianças/adolescentes em condição crônica em hospitais de referência na Paraíba, Brasil. In: III Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde (CONBRACIS 2018). 13–15 Junho, Campina Grande, Brasil. 2018.
35. Lima LMM, Melo ACO, Vianna RPT, Moraes RM. Análise espacial das anomalias congênitas do sistema nervoso. Cad Saúde Colet. 2019;27(3):257–63. <https://doi.org/10.1590/1414-462X201900030313>.
36. Siegel S. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. International Student edition. New York: McGraw-Hill; 1956.
37. Console E, Mouchot MC. Fuzzy classification techniques in the urban area recognition. In: IGARSS'96. 1996 international geoscience and remote sensing symposium. 1996; IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1996.516224>.
38. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: detection and inference. Stat Med. 1995;14(8):799–810. <https://doi.org/10.1002/sim.4780140809>.
39. Kulldorff M, Athas WF, Feurer EJ, Miller BA, Key CR. Evaluating cluster alarms: a space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos, New Mexico. Am J Public Health. 1998;88(9):1377–80. <https://doi.org/10.2105/AJPH.88.9.1377>.
40. Kulldorff M. Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. J R Stat Soc Ser A Stat Soc. 2001;164(1):61–72. <https://doi.org/10.1111/1467-985X.00186>.
41. Mamdani EH, Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. Int J Man Mach Stud. 1975;7(1):1–13. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2).
42. Zadeh LA. Fuzzy sets. Inf Control. 1965;8(3):338–53. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
43. Zadeh LA. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern. 1973;3(1):28–44. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1973.5408575>.
44. King PJ, Mamdani EH. The application of fuzzy control systems to industrial processes. Automatica. 1977;13(3):235–42. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(77\)90050-4](https://doi.org/10.1016/0005-1098(77)90050-4).
45. Malczewski J. Local weighted linear combination. Trans GIS. 2011;15(4):439–55. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2011.01275.x>.
46. World Health Organization. Global tuberculosis report 2018. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/274453>.
47. Trigueiro DRSG, Nogueira JA, Sá LD, Monroe AA, Anjos UU, Villa TCS, et al. The influence of individual determinants in the delay of the tuberculosis diagnosis. Texto Contexto Enferm. 2014;23(4):1022–31. <https://doi.org/10.1590/0104-07072014001370013>.
48. Horton KC, MacPherson P, Houben RMGJ, White RG, Corbett EL. Sex differences in tuberculosis burden and notifications in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. PLoS Med. 2016;13(9):e1002119. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002119>.
49. Silva MA, Oliveira CDL, Neto RGT, Camargos PA. Spatial distribution of tuberculosis from 2002 to 2012 in a midsize city in Brazil. BMC Public Health. 2016;16(1):912. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3575-y>.
50. San Pedro A, Oliveira RM. Tuberculose e indicadores socioeconômicos: revisão sistemática da literatura. Rev Panam Salud Publica. 2013;33:294–301.
51. Kapoor AK, Deepani V, Dhall M, Kapoor S. Pattern of socio-economic and health aspects among TB patients and controls. Indian J Tuberc. 2016;63(4):230–5. <https://doi.org/10.1016/j.ijtb.2016.09.011>.
52. Li Y, Ehirri J, Tang S, Li D, Bian Y, Lin H, Marshall C, Cao J. Factors associated with patient, and diagnostic delays in Chinese TB patients: a systematic review and meta-analysis. BMC Med. 2013;11(1):156. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-156>.
53. Vieira AA, Leite DT, Adreoni S. Tuberculosis recurrence in a priority city in the state of São Paulo, Brazil. J Bras Pneumol. 2017;43(2):106–12. <https://doi.org/10.1590/s1806-37562016000000002>.
54. Gomes NMF, Bastos MCM, Marins RM, Barbosa AA, Soares LCP, Abreu AMOW, et al. Differences between risk factors associated with tuberculosis treatment abandonment and mortality. Pulm Med. 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/546106>.
55. Nogueira PA, Abrahão RMCM, Galesi VMN. Tuberculosis and latent tuberculosis in prison inmates. Rev Saude Publica. 2012;46(1):119–27. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000080>.
56. San Pedro A, Gibson G, Santos JPC, Toledo LM, Sabroza PC, Oliveira RM. Tuberculosis as a marker of inequities in the context of socio-spatial transformation. Rev Saude Publica. 2017;51:9. <https://doi.org/10.1590/s1518-8787.2017051006533>.
57. Harling G, Neto ASL, Sousa GS, Machado MMT, Castro MC. Determinants of tuberculosis transmission and treatment abandonment in Fortaleza, Brazil. BMC Public Health. 2017;17(1):508. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4435-0>.
58. Neves RR, Ferro PS, Nogueira LMV, Rodrigues ILA. Acesso e vínculo ao tratamento de tuberculose na atenção primária em saúde. Res Fund Care Online. 2016;8(4):5143–9. <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2016.v8i4.5143-5149>.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Novas formas de análise baseada em critérios visando à tomada de decisão em microcefalia

Pesquisador: Luciana Moura Mendes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 64574017.5.0000.5188

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.980.818

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br