Ofício nº. 003/2020 DCIS/SEAPI/RS

Porto Alegre, 15 de Março de 2020.

Análise da movimentação animal intraestadual e interestadual.

Prezados, apresentamos abaixo a análise dos dados de trânsito intraestadual e interestadual de animais suscetíveis à febre aftosa para o Rio Grande do Sul **no ano de 2019** realizado através da análise de rede utilizando o Software R, em complemento e continuação ao Informativo 01/2019 realizado pela Seção de Controle de Trânsito e Quarentena referente a movimentação de bovinos intraestadual no intervalo de 2016 a 2019.

Estas análises são resultado de uma parceria entre o Departamento de Defesa Agropecuária da SEAPDR e a Universidade Estadual da Carolina do Norte (NCSU) – EUA, através do investimento realizado pelo Fundo de Desenvolvimento e Defesa Sanitária Animal (FUNDESA).

Nesta análise dividiremos em duas partes, a primeira uma descritiva da movimentação animal intraestadual e a segunda referente a movimentação interestadual de bovinos e suínos referente ao ano de 2019.

Algumas finalidades de movimentações foram excluídas da análise por entendermos que não se enquadram como de risco sanitário de contágio, como movimentações para abate, abate sanitário, sacrifício e saídas de animais para esporte.



Descritiva da movimentação de bovinos intraestadual de 2019:

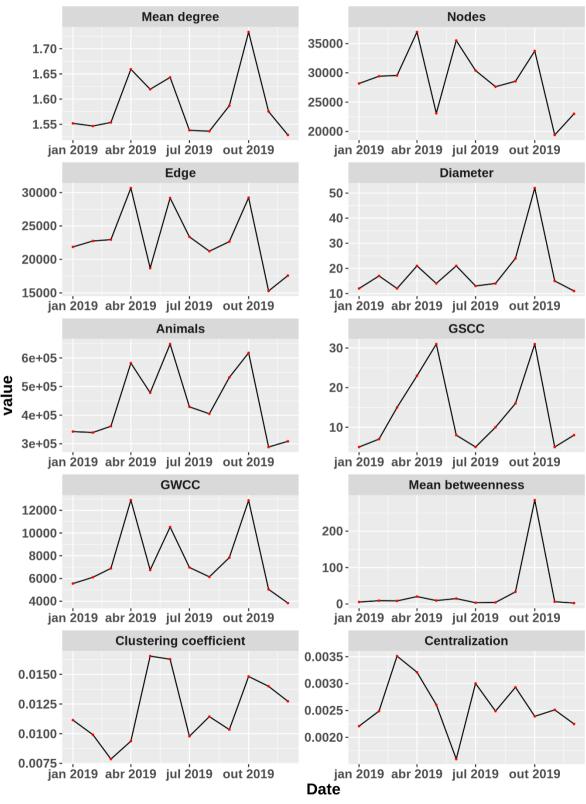


Figura 01: Parâmetros da rede de movimentação intraestadual de bovinos no ano de 2019.



Descrevendo cada gráfico da figura 01 podemos ter as seguintes informações:

Mean Degree: Degrees são os chamados graus que podem ser de entrada ou saída de cada propriedade, ou seja cada movimentação de entrada (in-degree) ou saída (out-degree). O Mean Degree significa a média dos graus somados, tanto de entrada quanto de saída, das propriedades durante o ano, que variaram de próximo de 1,55 até pouco acima dos 1,70. Isso nos dá a referência de que as propriedades que realizaram movimentações de bovinos no RS em 2019, movimentaram em média de 1,55 a 1,70 vezes no decorrer dos meses.

Nodes e Edge: Nodes ou nós, são no parâmetro da análise de rede o número de propriedades que realizaram movimentações, tanto de entrada como de saída, mensalmente durante o ano de 2019. Edge ou arestas, são as movimentações em si entre os nós (propriedades). Por isso os dois gráficos apresentam o mesmo desenho, pois estão interrelacionados. Podemos verificar que no período de 2019 as propriedades (nós) que movimentaram animais variaram de menos de 20.000 até mais de 35.000 conforme os meses do ano, atingido a máxima em abril e a mínima em novembro.

Diameter: Diameter ou diâmetro, representa o número de passos (steps) que seriam necessários para conectar todas as propriedades que estão se movimentando na rede, pelo caminho mais curto. Podemos verificar que no mês de outubro há o pico do diâmetro para 50 passos, isso está relacionado há um maior número de propriedades negociando e sem proximidade entre elas. Outubro é um mês de grande negociação via remates e leilões no Estado.

Animals: Animals ou animais, representa neste gráfico o número de bovinos movimentados durante mensalmente, o número está em exponencial e varia de por volta dos 300.000 em novembro e tem o pico acima dos 600.000 em junho.

GSCC: GSCC é a sigla para Giant Strongly Connected Component, em português seria o componente gigante fortemente conectado. Representa o número de nós (propriedades) que estão conectados na rede, levando em conta a direção da movimentação. Representa o número médio de ligação entre as propriedades que estão fortemente conectadas por mês levando em conta a direção do movimento de entrada ou saída dos animais. A figura 02 auxilia a compreensão.

GWCC: GWCC é a sigla para Giant Weakly Connected Component, em português seria o componente gigante fracamente conectado. Representa o número de nós (propriedades) que estão conectados na rede, sem levar em conta a direção da movimentação. Representa o número médio de ligação entre as propriedades que estão fracamente conectadas por mês não levando em conta a direção do movimento de entrada ou saída dos animais. A figura 02 auxilia a compreensão.



Mean Betweenness: Mean Betweenness ou media de atravessadores, ilustra o número médio de propriedades que conectam umas propriedades às outras. São propriedades de ligação, que apresentou seu pico também em Outubro quando ocorrem o maior número de remates no Estado.

Clustering Coefficient: Clustering coefficient ou coeficiente de grupo (cluster). É calculado para cada nó (propriedade) como a probabilidade de que dois nós (propriedades) conectados ao nó focal também estejam conectados entre si. Representam as negociações de triangulação, por exemplo a propriedade "A", negocia com a "B" que negocia com "C" que também negocia com a "A". Podemos verificar que os níveis médios desse tipo de negociação são muito baixos no Estado.

Centralization: Centralization ou centralização, quantifica o tamanho em que a rede é estruturada em torno de uma minoria de nós (propriedades). Os valores variam entre 0 e 1, com os valores mais altos indicando centralizações mais extremas, propriedades que centralizam a negociação de várias outras para ela. Também apresenta um número muito baixo de média no Estado deste tipo de negociação.

NC STATE UNIVERSITY

GWCC e GSCC

Componente fortemente conectado - GSCC Componente fortemente conectado - GSCC Componente fortemente conectado - GSCC Componente fortemente conectado - GSCC

Figura 02: Ilustração explicativa de GWCC e GSCC, imagem cedida pela NCSU.

Na figura abaixo está ilustrado o número de bovinos movimentados por dia durante o ano.



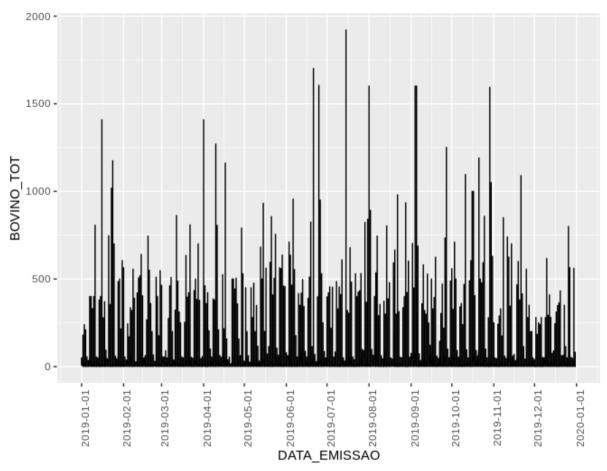


Figura 03: Volume de bovinos movimentados por dia no período.

Na figura abaixo está representado a proporção de finalidades utilizadas para emissão de GTA durante o ano.



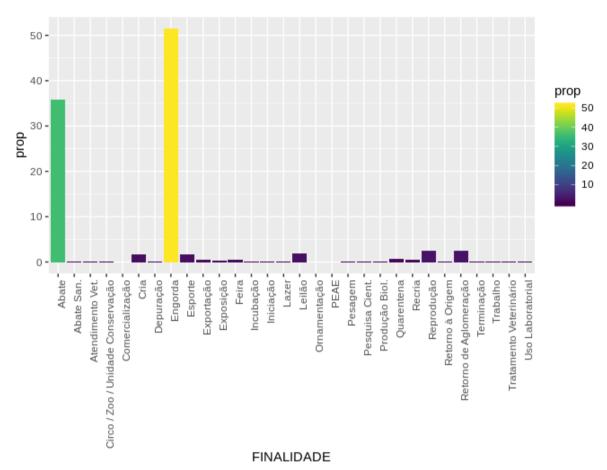


Figura 04: Percentual de finalidades utilizados na emissão GTA de bovinos durante o ano de 2019.

Abaixo estão ilustrados com o mapa do Rio Grande do Sul dos diversos parâmetros analisados na rede de movimentação do Estado, alguns estão divididos por Supervisão Regional e outros por município.



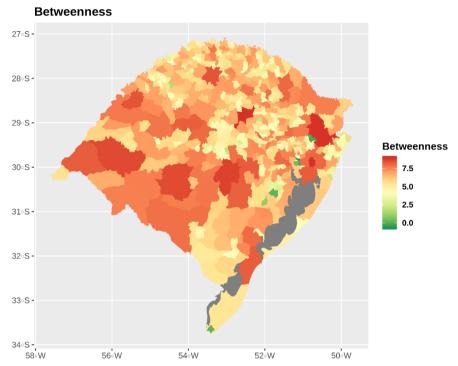


Figura 05: Representação por municípios com propriedades atravessadoras por paleta de cores.

Conforme a explanação sobre a figura 01, o período de propriedades que fazem o papel de atravessadores no Estado fica concentrado no mês de outubro chegando a valores próximo de 200, a representação da figura 05 trás uma media anual dividia por municípios e vai desde 0 até acima 7,5 propriedades que se encaixam no enquadramento de betweenness.



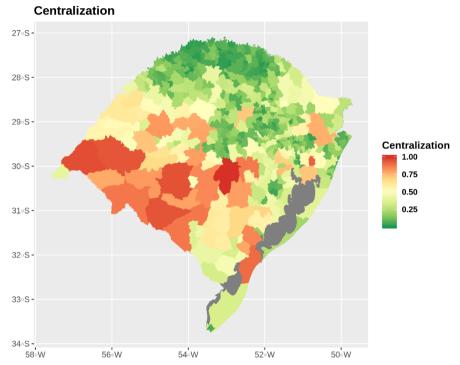


Figura 06: Representação por municípios da centralização da rede de bovinos no ano de 2019.

Salientando que conforme a figura 01 os números de centralização médios do Estado são baixos, já a figura 06 trás estes dados por menorizados por município, apresentando que em alguns deles a centralização é mais importante.



Clustering coefficient 27°S-28°S -29°S -Clustering coefficient -0.5 30∘S --1.0 -1.5 31°S--2.0 32°S -56 W 54 W 52 W 58 W 50 W

Figura 07: Representação por municípios do coeficiente de grupo da rede de bovinos no ano de 2019.

Conforme representado na figuro 01, o coeficiente de grupo, ou seja a negociação de triangulação é pouco evidente no Estado, com exceção em poucos municípios.



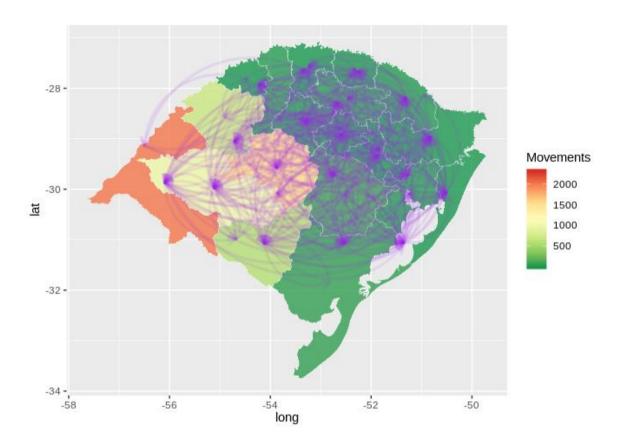


Figura 08: Fluxo de movimentação de bovinos entre supervisões regionais em 2019.

Na figura acima podemos verificar que algumas supervisões regionais (SR) apresentam um total de movimentação mais expressivo de uma SR para a outra, como é o caso da SR Uruguaiana, Santa Maria, Alegrete, Bagé e São Luiz Gonzaga. A representação não está levando em conta a movimentação dentro de cada SR.

Com relação as movimentações gerais, é mais representativa as figuras abaixo, que fazem relação com o In Degree (grau de entrada) e Out Degree (grau de saída) de cada município.



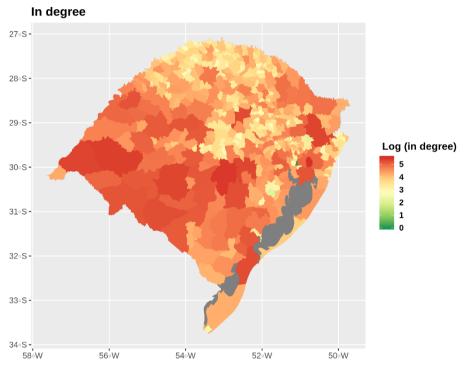


Figura 09: Fluxo de movimentação de entrada de bovinos entre os municípios em 2019.

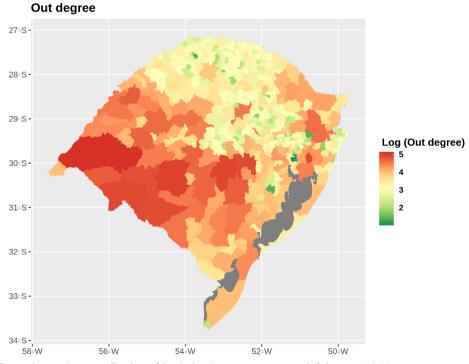


Figura 10: Fluxo de movimentação de saída de bovinos entre os municípios em 2019.



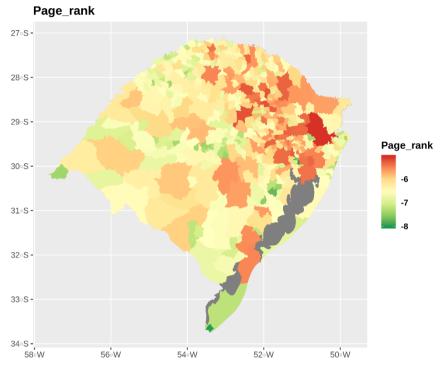


Figura 11: Representação da movimentação de bovinos por municípios pelo parâmetro de Page Rank em 2019.

O parâmetro de Page Rank, ilustrado na figura 11, é o valor produto de uma família de algoritmos que criam um ranking de popularidade ou a importância de um nó (propriedade ou município) na rede. É o mesmo algoritmo utilizado em redes sociais que verificam, neste caso, a popularidade de uma pessoa. Na figura abaixo há um desenho ilustrativo que auxilia a compreensão. No desenho abaixo consegue facilmente perceber que a "propriedade" B tem alta relevância na rede pois comercializa com diversas outras propriedades, porém a "propriedade" C, apesar de comercializar apenas com a B, também tem grande relevância na rede. Neste caso, como a propriedade C não só vende, mas também compra da a propriedade B, por consequência ela está com uma exposição ao risco tanto quanto a propriedade B.



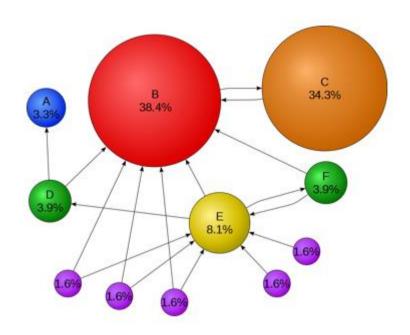


Figura 12: Ilustração do parâmetro Page Rank de análise de rede, imagem cedida pela NCSU.

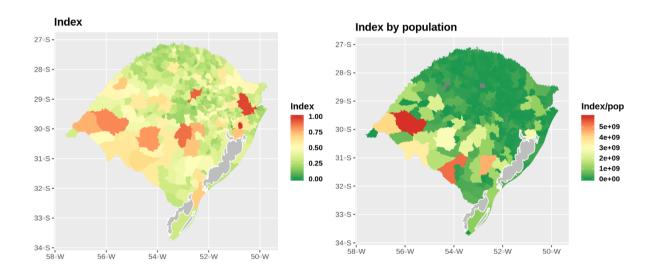


Figura 13: Ilustração do parâmetro de índice para análise da rede de movimentação por município.

Na figura acima apresenta uma análise diante de um parâmetro chamado de índice, este parâmetro leva conta todos os outros parâmetros já apresentados e cria um índice deles. Apresenta por tanto, uma análise de movimentação dos municípios de uma forma ampla e destaca os municípios que, levando em conta todos os



parâmetros, são mais relevantes na rede. De forma geral (Index) ou em proporção à população (Index by population).

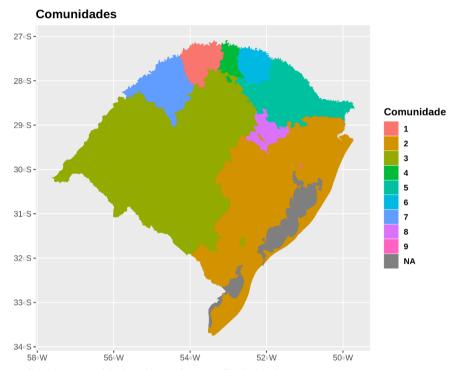


Figura 14: Ilustração das comunidades de movimentação de bovinos em 2019.

Na figura acima está ilustrado uma análise de comunidades, esta análise que leva em conta a movimentação dos animais, consegue identificar que no Estado, no ano de 2019, na espécie bovina foram identificadas nove comunidades, ou seja, a comercialização dos animais ocorre dentro destas comunidades, conforme as cores do mapa. Esta informação é de extrema relevância em situações como de focos, pois possibilita a comprovação de que, se um foco foi diagnosticado em determinada comunidade do Estado, não obrigatoriamente todo o território do Estado deverá receber restrições ou embargos. Pode-se trabalhar de forma setorial e inibir o espalhamento de doenças de forma eficaz e eficiente.



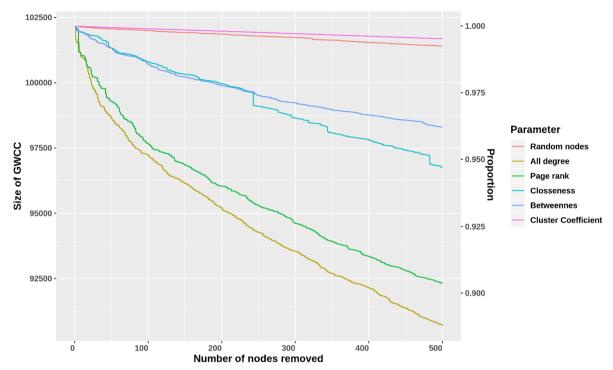


Figura 15: Desfragmentação da rede de bovinos por diferentes parâmetros.

Na figura acima está ilustrado uma desfragmentação da rede de movimentação de bovinos do ano de 2019, por diversos parâmetros. A desfragmentação nada mais é do que analisar a rede e verificar qual a forma mais eficiente, levando em conta os diferentes parâmetros apresentados de, se pudéssemos remover alguns nós (propriedades) da rede, quebrarmos a ligação de um nó ao outro. Conforme a ilustração para a rede atual de bovinos no RS o parâmetro que obteve o melhor desempenho para "quebrar" a rede foi o "All degree", que é o parâmetro que utiliza a retirada dos nós em ordem decrescente dos maiores valores de In degree (entrada) e Out degree (saída). Em defesa agropecuária, essa "retirada" dos nós (propriedades), pode ser entendida como a fiscalização destas propriedades selecionadas.

Estes dados possibilitam distinguir propriedades chamadas de "Hub" e que podem ser selecionadas para uma fiscalização mais inteligente por parte do Serviço Veterinário Oficial (SVO).

Diante deste conhecimento o DDA iniciou uma confluência de dados, aliando a análise de rede para movimentação de animais, com o estudo de mitigação de risco já em funcionamento desde 2018. Desta forma os dois trabalhos irão somar-se otimizando a mão de obra capacitada do Departamento e gerando melhores resultados com uma fiscalização mais dirigida e assertiva.



Descritiva da movimentação de suínos intraestadual de 2019:

Assim como na descritiva de movimentação de bovinos, iremos colocar as ilustrações das movimentações de suínos no ano de 2019, porém de forma mais sucinta apenas com as imagens, pois as explicações dos gráficos e mapas são as mesmas para todas as espécies.



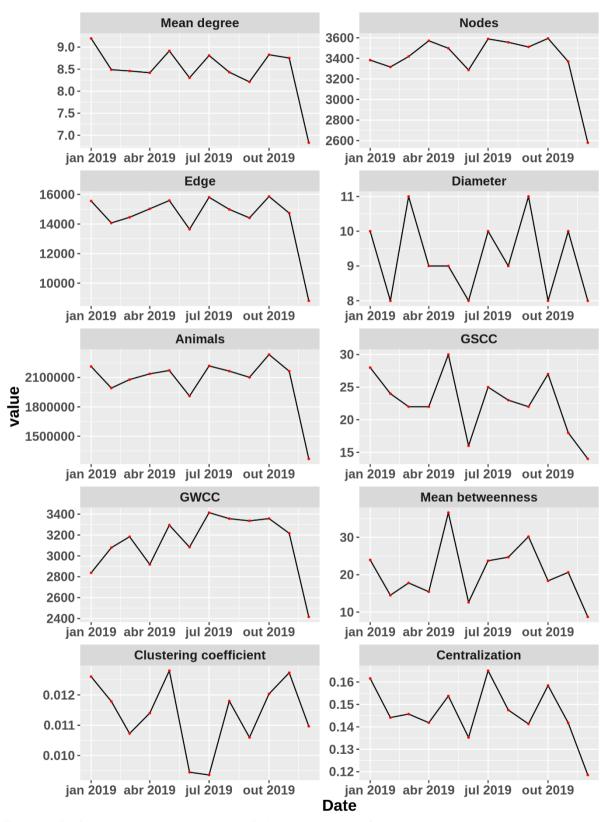


Figura 16: Parâmetros da rede de movimentação intraestadual de suínos no ano de 2019.



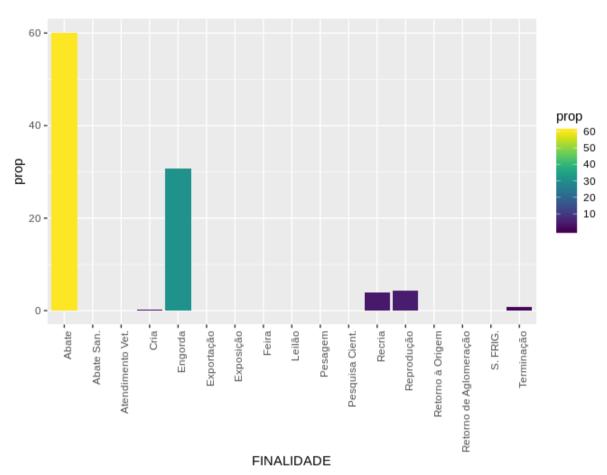


Figura 17: Percentual de finalidades utilizados na emissão GTA de suínos durante o ano de 2019.



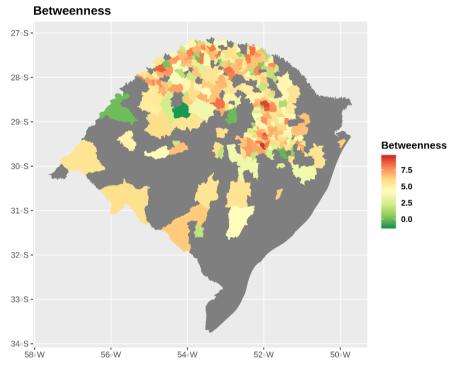


Figura 18: Representação por municípios com propriedades atravessadoras por paleta de cores.

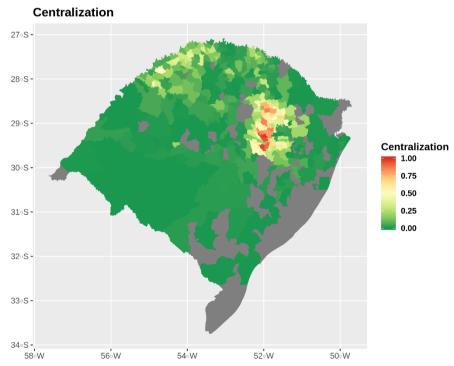


Figura 19: Representação por municípios da centralização da rede de suínos no ano de 2019.



Clustering coefficient 27°S 28°S 29°S 30°S 33°S 33°S 34°S 58°W 56°W 54°W 52°W 50°W

Figura 20: Representação por municípios do coeficiente de grupo da rede de suínos no ano de 2019.

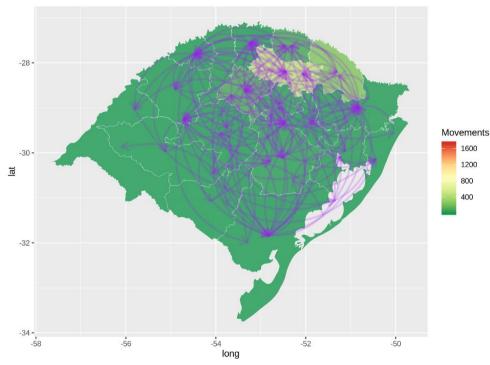


Figura 21: Fluxo de movimentação de suínos entre supervisões regionais em 2019.



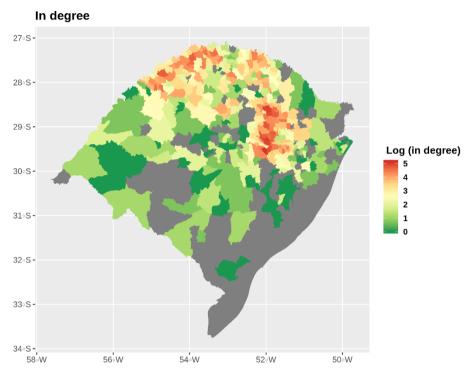


Figura 22: Fluxo de movimentação de entrada de suínos entre os municípios em 2019.

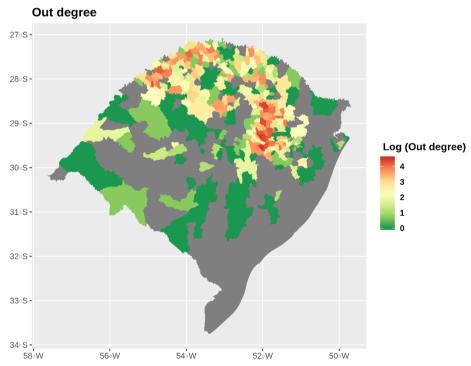


Figura 23: Fluxo de movimentação de saída de suínos entre os municípios em 2019.



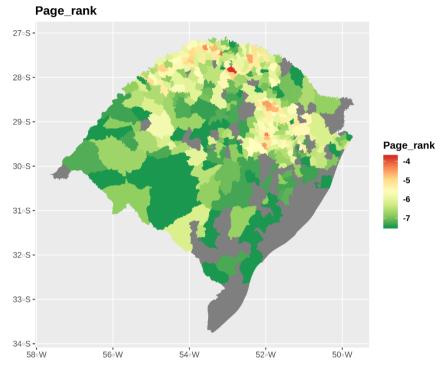


Figura 24: Representação da movimentação de suínos por municípios pelo parâmetro de Page Rank em 2019.

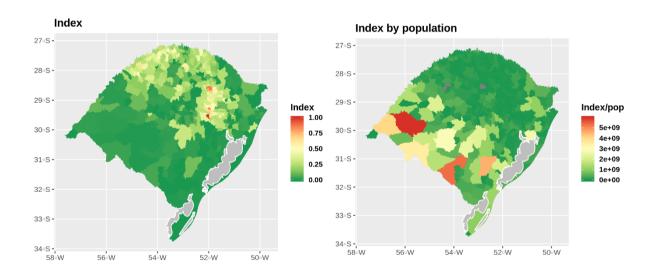


Figura 25: Ilustração do parâmetro de índice para análise da rede de movimentação por município.



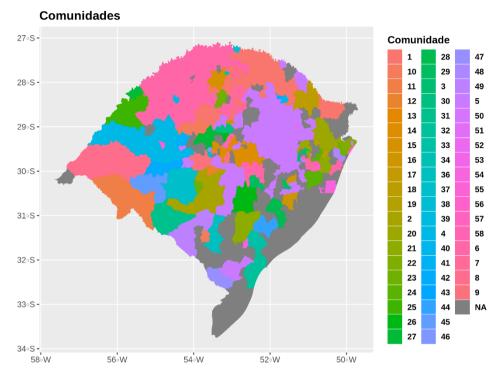


Figura 26: Ilustração das comunidades de movimentação de suínos em 2019.

Pode-se verificar na figura acima um número de comunidades muito maior em suínos, total de 58.

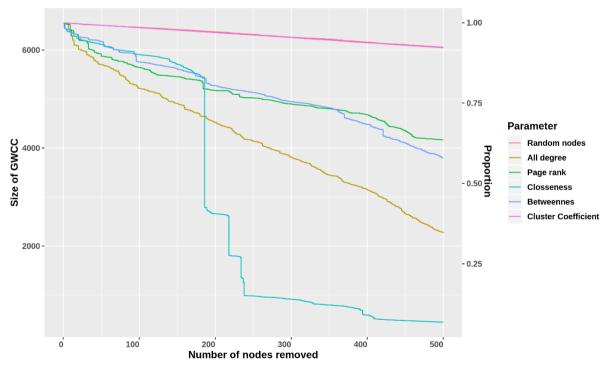


Figura 27: Desfragmentação da rede de suínos por diferentes parâmetros.



Diferentemente da desfragmentação de bovinos, nesta de suínos o parâmetro que obteve o melhor resultado para a "quebra" da rede foi o parâmetro de Closseness ou parâmetro de proximidade. Que leva em conta a retirada dos nós mais próximos que negociam com uma grande quantidade de propriedades ao seu redor. Podese verificar pelo gráfico que existe uma propriedade chave neste ano de 2019 que faz com que o gráfico da desfragmentação tenha uma queda brusca, resultando neste parâmetro (closseness) como mais eficiente para o período avaliado.

Descritiva da movimentação de bovinos interestadual em 2019:

A movimentação interestadual de entrada de bovinos no RS no ano de 2019 teve o maior número de ingresso de animais do Estado de Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul, totalizando 1623, 880 e 414 respectivamente. Quantos as finalidades de movimentação, as principais foram Engorda e Reprodução com 246 e 220 movimentações com estas finalidades. Abaixo os mapas ilustrativos das movimentações.

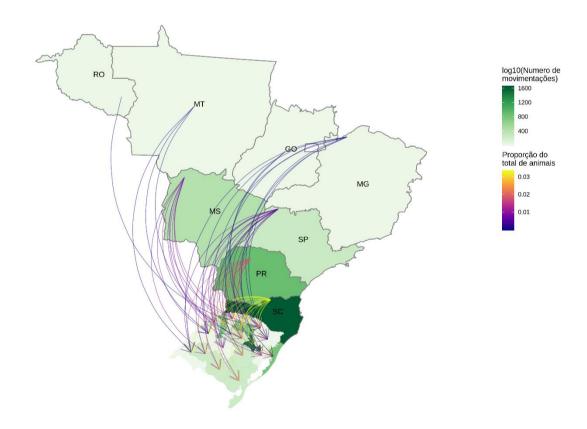


Figura 28: Mapa de número de movimentações e proporção total de bovinos ingressados no Estado em 2019.



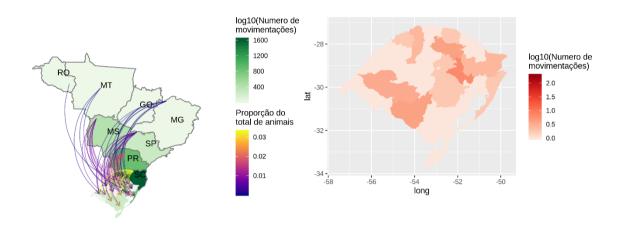


Figura 29: Mapa de número de movimentações de bovinos com destino às supervisões regionais do Estado.

Descritiva da movimentação de suínos interestadual em 2019:

A movimentação interestadual de entrada de suínos no RS no ano de 2019 teve o maior número de ingresso de animais do Estado de Santa Catarina, Paraná e Goiás, totalizando 359231, 143867 e 50628 respectivamente. Quantos as finalidades de movimentação, as principais foram Reprodução, Abate e Engorda com 1987, 1761 e 1311 movimentações com estas finalidades. Abaixo os mapas ilustrativos das movimentações.



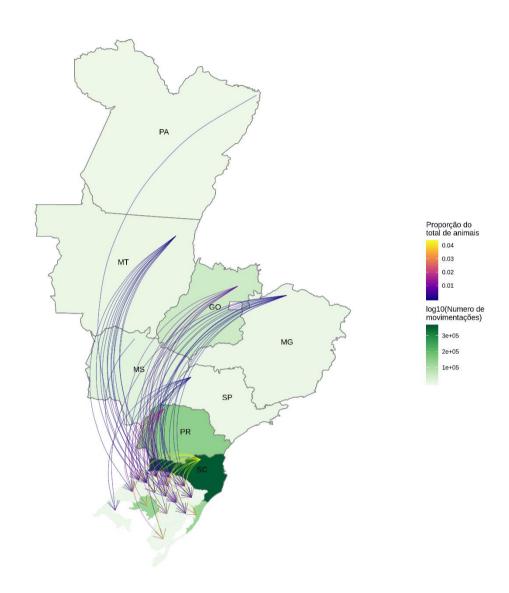


Figura 30: Mapa de número de movimentações e proporção total de suínos ingressados no Estado em 2019.



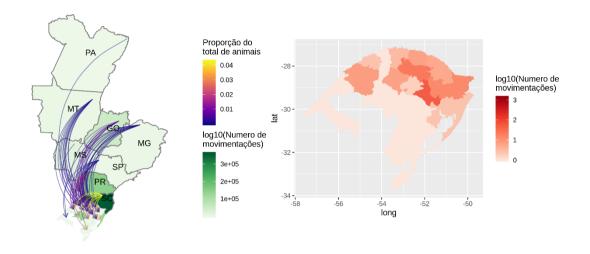


Figura 31: Mapa de número de movimentações de suínos com destino às supervisões regionais do Estado.

Agradecemos ao Fundo de Desenvolvimento e Defesa Sanitária Animal (FUNDESA), por apoiar o Serviço Veterinário Oficial, propiciando ao Departamento de Defesa Agropecuária da SEAPDR o alcance ao conhecimento e tecnologia de ponta através de profissionais de alto gabarito e reconhecimento no assunto de análise de rede.

Agradecemos ao Professor Doutor Gustavo Machado e toda a sua equipe, principalmente o doutorando Nicolás Cespedes Cárdenas, pela estruturação e criação específica dos scripts do software R para atendimento personalizado às demandas do DDA, e a todo o suporte semanal realizado, possibilitando o desenvolvimento de um trabalho em equipe de enorme valia para o desenvolvimento da Defesa Agropecuária do Rio Grande do Sul.

Francisco Paulo Nunes Lopes
Fiscal Estadual Agropecuário
CRMV/RS: 11689 - IF: 3891020/01
DCIS/DDA/SEAPDR/RS
Chefe da Divisão de Controle de
Informações Sanitárias