



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA  
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E AGRIMENSURA

JOSÉ AUGUSTO ALENCAR DE SÁ

**ANÁLISE ESPACIAL DAS REDES GEODÉSICAS GNSS DE MONITORAMENTO  
CONTÍNUO: estudo de caso no Brasil, Austrália e Estados Unidos da América**

Recife

2018

JOSÉ AUGUSTO ALENCAR DE SÁ

**ANÁLISE ESPACIAL DAS REDES GEODÉSICAS GNSS DE MONITORAMENTO  
CONTÍNUO: estudo de caso no Brasil, Austrália e Estados Unidos da América**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Cartográfica.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Mikosz Gonçalves.

Recife

2018

Catálogo na fonte  
Biblioteca Gabriel da Luz, CRB-4 / 2222

S111a

Sá, José Augusto Alencar de.

Análise espacial das redes geodésicas GNSS de monitoramento contínuo: estudo de caso no Brasil, Austrália e Estados Unidos/ José Augusto Alencar de Sá - 2018.

51 folhas, Il.; Tab.; Abr. e Sigl.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Mikosz Gonçalves.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, 2018.

Inclui Referências e Apêndice.

1. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. 2. GNSS. 3. CORS. 4. Estações. 5. RBMC. 6. NSG. I. Gonçalves, Rodrigo Mikosz (Orientador). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-479

JOSÉ AUGUSTO ALENCAR DE SÁ

**UMA ANÁLISE ESPACIAL DAS REDES GEODÉSICAS GNSS DE  
MONITORAMENTO CONTÍNUO: estudo de caso da cidade do Brasil, Austrália e  
Estados Unidos da América.**

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Cartográfica.

Aprovada em: 12/12/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.º Dr. Rodrigo Mikosz Gonçalves (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

MSc. Heithor Alexandre de Araújo Queiroz  
Instituto Nacional do Semiárido (INSA)

---

Prof.º Dr. Jaime Freiberger Junior  
Universidade Federal de Santa Maria

*A mim mesmo,  
dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me concedido à vida, e toda sua providência divina em multiforme graça comigo.

À minha família por toda dedicação, carinho, apoio e estímulo para realizar os meus objetivos. Em particular a minha mãe por todo esforço que fez para que eu possa ter acesso ao conhecimento e à minha tia Tânia, por ter me permitido morar em sua casa todo o período da graduação, todos esses 5 anos e 7 meses.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Mikosz, pela oportunidade de poder desenvolver em conjunto este trabalho, pelos conhecimentos transmitidos e pelo suporte em todas as etapas, e por ser alguém tão solícito e compassivo. Sua presença na minha vida foi importantíssima. Devo a ele este trabalho.

A todos os professores do departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE por todos os ensinamentos passados e sua benevolência com minha conclusão de curso.

Agradeço também aos meus amigos Fábio Vinicius Marley Santos Lima, Tácito Richarles Ferreira da Silva, Raquel Arcoverde Vilanova, Camila Ribeiro, Guilherme Lira, Gabriel Lins, André Victor e Ronald Barcelos que me ajudaram em todos os momentos do curso e por sempre me estimularem a sempre melhorar. Não teria chegado aqui sem vocês.

Por fim agradeço ao LACCOST por todo suporte empregado ao desenvolvimento deste trabalho e a PROAES por ter me concedido a bolsa de auxílio estudantil, que possibilitou minha permanência e formação no curso de graduação em Engenharia Cartográfica – UFPE.

## RESUMO

O presente estudo analisa dados das redes de monitoramento contínuo de vários países, entre os escolhidos temos o Brasil, acrescido da Austrália e Estados Unidos da América, a partir dos dados fornecidos por cada uma das respectivas agencias oficiais destas nações, em seus sites oficiais. A área de estudo é a total extensão territorial dos países. O objetivo é analisar as variações de recobrimento das estações, sua disposição espacial, se homogênea ou concentrada, densidade, e o recobrimento espacial da área de cobertura em linhas de base. Foram utilizados dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), *Geoscience Australia*, NGS (*National Geodetic Survey*). O estudo aponta a importância da distribuição espacial das estações GNSS, e necessidade de densificação.

Palavras-chave: GNSS. CORS. Estações. Bases. Redes. RBMC. NSG.

## **ABSTRACT**

The present study analyzes the continuous monitoring networks of several countries; among those chosen are Brazil, added by Australia and the United States of America, from the data record for each of the main official agencies of these nations, on their websites. An area of study is a total territorial extension of the countries. This is an analysis of the features of the stations, their spatial provision, the homogeneous or concentrated, density, and the spatial coverage of the area of coverage in lines of base. The data were obtained by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics), Geoscience Australia, and NGS (National Geodetic Survey). The study points to the importance of the spatial distribution of GNSS definitions, and the need for densification.

**Keywords:** GNSS. CORS. Stations. Bases. Networks. RBMC. NS

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Distribuição espacial das estações RBMC no Brasil.	18
Figura 2 –	Estações CORS no território australiano	21
Figura 3 –	Estações da rede CORS no território americano	22
Figura 4 –	Fluxograma esquemático dos procedimentos metodológicos	24
Figura 5 –	Mapa temático do Brasil. N° de Estações por estado	25
Figura 6 –	Mapa temático do Brasil. N° de estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Naturais	27
Figura 7 –	Mapa temático do Brasil. N° de estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Claras	28
Figura 8 –	Mapa temático do Brasil. N° de estações por quilômetro quadrado. Método Quantil.	29
Figura 9 –	Mapa temático do Brasil. N° de estações por quilômetro quadrado. Método Intervalo Igual.	30
Figura 10 –	Estações RBMC com Buffers de 30, 50 e 100 km.	31
Figura 11 –	Vazios geográficos dos alcances da linha de base de 100 km.	32
Figura 12 –	N° de Estações por estado.	34
Figura 13 –	Mapa temático do Austrália. Estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Naturais	36
Figura 14 –	Estações ARGN com Buffer de 30 km.	37
Figura 15 –	Buffer nas estações ARGN em 50 km.	38
Figura 16 –	Buffer nas estações ARGN em 100 km.	39
Figura 17 –	Mapa temático do Brasil. N° de Estações por estado	40
Figura 18 –	Mapa temático dos EUA. Estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Naturais	41
Figura 19 –	Estações CORS com Buffer de 30 km	41
Figura 20 –	Estações CORS, com Buffer de 50 km	42
Figura 21 –	Estações CORS, com Buffer de 100 km	42
Figura 22 –	Vazios geográficos. Áreas não cobertas por linhas de base de 100 km	43
Figura 23 –	Redes GNSS nacionais de operação contínua.	45

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 –	Dados numéricos entre Brasil, EUA e Austrália	43
Tabela 2 –	Cronograma de instalações/desinstalações das estações da RBMC até out/2011	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Amazonas
ARGN	<i>Australian Regional GNSS Network</i>
CACS	<i>Canadian Active Control System</i>
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CORS	<i>Continuously Operating Reference Stations</i>
DECART	Departamento de Engenharia Cartográfica
EUA	Estados Unidos da América
GLONASS	<i>Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HAB	Habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS	<i>International GPS Service for Geodynamics</i>
KM	Quilômetros
LACOST	Laboratório de Cartografia Costeira
NAVSAT	<i>Navy Navigation Satellite System</i>
NCRIS	<i>National Collaboration Research Infrastructure Strategy</i>
NGS	<i>National Geodetic Survey</i>
NNSS	<i>Navy Navigation Satellite System</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NSW	<i>New South Wales</i>
PB	Paraíba
QGIS	Quantum GIS
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RMC	Rede de Monitoramento Contínuo
RR	Roraima
SCA	Sistema de Controle Ativo
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPRGN	<i>South Pacific Regional GNSS Network</i>

SPSLMP	<i>South Pacific Sea Level Monitoring Project</i>
UEPP	União das Entidades de Presidente Prudente
USA	<i>United States America</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2	OBJETIVO ESPECIFICO	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	16
2.1	HISTÓRICO DAS CORS – ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA DE OPERAÇÃO CONTÍNUA	16
2.2	BRASIL – RBMC	16
2.3	AUSTRÁLIA – ARGN, SPRGN, AUSCOPE	19
2.4	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – NGS	21
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	22
3.1	MATERIAIS	22
3.2	RECURSOS TECNOLÓGICOS E HARDWARE	23
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	25
4.1	BRASIL – RBMC	25
4.2	AUSTRÁLIA – ARGN	34
4.3	ESTADOS UNIDOS – CORS	40
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	43
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE, 2018, uma RMC (Rede de Monitoramento Contínuo) é o conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems – Sistemas Globais de Navegação por Satélite*) de alto desempenho, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas. Tendo isto em vista, a utilização da tecnologia GNSS provocou uma verdadeira revolução nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica. À medida que as técnicas de posicionamento evoluem, diversas aplicações em tempo real e pós-processado têm surgido, tornando o papel da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) cada vez mais ampla (IBGE, 2018).

Nas aplicações geodésicas e topográficas do GNSS está implícita a utilização do método relativo, isto é, ao menos uma estação de coordenadas conhecidas é também ocupada simultaneamente à ocupação dos pontos desejados. As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade (IBGE, 2018).

A ocorrência de cobertura das estações GNSS em cada um dos países, é uma variável a se ter em conta, pois existem as variações geográficas e demográficas entre cada país. Em São Paulo, a robustez de estações da rede GNSS foi estudada com base nos erros máximos não detectados, ou seja, analisaram a influência destes erros, se fosse pequena a rede era robusta, do contrário seria fraca. Utilizaram análise que não é dependente de *datum*, refletindo somente na geometria da rede e na acurácia das observações (PEREIRA; CHAVES, 2014). Em Uberlândia, foi analisada a qualidade geométrica da rede GNSS local da Universidade Federal de Uberlândia, por causa das interferências tidas nas bases (SILVA et al., 2016). Assim como com base na teoria da elasticidade, em São Paulo, determinaram um modelo matemático para cálculo das deformações sofridas em bases GNSS (CALDAS, FRANCIANE LIMA; CHAVES, 2014). Em Campinas houve densificação da rede tendo como principal objetivo, propiciar aos usuários um arcabouço de marcos com distribuição homogênea e em número suficiente para atender a demanda de um município com mais de 1 milhão de habitantes (TRABANCO et al., 2010).

Estas análises e estudos vistos em redes GNSS, se concentram localmente, seja em uma universidade, cidade ou estado. Mas não é constante serem vistos estudos com foco nas redes em

vários países. Embora este trabalho se proponha a uma visão diferenciada a estes trabalhos citados, onde, estudaram deformações e graus de confiança na rede. Aqui salienta-se que o objetivo é um comparativo, de como diferentes nações implementaram e distribuíram suas estações GNSS, de monitoramento contínuo, e as possíveis implicações em cada medida.

Por isso, esse trabalho aborda análise quantitativa de estações de monitoramento contínuo no Brasil, analisando a densidade conforme os países e aos estados, as coberturas e vazios geodésicos de linhas de bases, com distâncias de 100 km, 50 km e 30 km, e geração de resultados cartográficos destes dados. Como também replicar análises e produtos para os demais países, os quais, aqui em proposta, são: Brasil, Austrália e Estados Unidos.

### 1.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as variações de distribuição territorial das estações GNSS de monitoramento contínuo no Brasil, Austrália e Estados Unidos. A partir dos dados fornecidos pelos órgãos governamentais oficiais de cada nação, obtidos entre os meses de agosto e novembro de 2018.

### 1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Utilizar os dados das estações RBMC para gerar produtos cartográficos para o Brasil;
- Realizar uma análise dos produtos;
- Replicar os procedimentos feitos para o Brasil, para os demais países propostos;
- Comparar os resultados entre o Brasil e os outros países;
- Efetuar uma discussão sobre os resultados, e buscar entender a realidade das distribuições nesses países.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. HISTÓRICO DAS CORS – ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA DE OPERAÇÃO CONTÍNUA

A nova era de tecnologia espacial começou mesmo para valer, quando os russos lançaram o SPUTNIK I, primeiro satélite artificial a voar na órbita da terra, em 4 de outubro de 1957. Este levou cientistas a desenvolver algoritmos para determinar a órbita completa a partir da medição dos sinais deste. Este pensamento levou de imediato aos estudos para desenvolvimento do *Navy Navigation Satellite System* (NNSS), mais conhecido como TRANSIT (TIMBÓ, 2000).

Segundo o IBGE, no seu relatório técnico dos quinze anos da RBMC (IBGE, 2011), nos apresenta que com o surgimento e a popularização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) entre as décadas de 80 e 90, muitas instituições iniciaram sua utilização em atividades geodésicas. Porém na época para se obter resultados com qualidade geodésica era necessária a aplicação do posicionamento relativo. Este método de posicionamento requer que sejam realizadas observações em um ou mais marcos de coordenadas conhecidas, que são utilizados como estações de referência, o que causava um inconveniente, pois um ou mais equipamentos eram imobilizados para servirem como estações de referência (IBGE, 2011).

Para sanar este tipo de restrição foi desenvolvido o conceito de SCA (Sistema de Controle Ativo), que na realidade é uma rede de estações de referência que coletam e armazenam observações GPS de maneira contínua. A primeira rede deste tipo foi o *Canadian Active Control System* (CACS).

### 2.2. BRASIL - RBMC

No final do ano de 1996 o IBGE começou a implantar esta idealização de rede no território nacional. No dia 13 de dezembro foi instalada a primeira estação da rede na cidade de Curitiba/PR, cujo código que identifica a mesma é PARA e no dia 18 do mesmo mês e ano era instalada a estação da cidade de Presidente Prudente/SP (UEPP). Com a integração das estações das cidades de Brasília/DF (BRAZ) e Fortaleza/CE (FORT), instalada por outras instituições parceiras do IBGE, e no final do ano de 1996 a RBMC contava com 4 estações em operação (IBGE, 2011).

As estações da RBMC são equipadas com receptores GPS de dupla frequência que coletam continuamente as observáveis GPS, sendo esta rede, a principal ligação com redes internacionais e com os sistemas de referência adotados globalmente. Atualmente, as estações da RBMC são materializadas através de pinos de centragem forçada, especialmente projetados, e cravados em pilares estáveis. A maioria dos receptores da rede possui a capacidade de rastrear satélites GPS e

GLONASS, enquanto alguns rastreiam apenas GPS. Esses receptores coletam e armazenam continuamente as observações do código e da fase das ondas portadoras transmitidos pelos satélites das constelações GPS ou GLONASS. Cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão de internet e fornecimento constante de energia elétrica que possibilita a operação contínua da estação.

As coordenadas das estações da RBMC são outro componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Nesse aspecto, a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de  $\pm 5$  mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outro papel importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do IGS (*International GPS Service for Geodynamics*), garantindo uma melhor precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território brasileiro.

Ainda no relatório técnico do IBGE sobre os quinze anos da RBMC, temos indicação de aplicações da rede brasileira:

- Posicionamento em geral;
- Mapeamento;
- Monitoramento de estruturas de engenharia e geológicas;
- Georreferenciamento em geral, tendo destaque no de imóveis rurais;
- Demarcação de limites e fronteiras;
- Apoio para navegação;
- Agricultura de precisão;
- Locação e implantação de obras;
- Implantação de redes de apoio (locais/topográficas), para mapeamento, obras de engenharia, agricultura de precisão, entre outras aplicações;
- Monitoramento de veículos;
- Materialização/realização e monitoramento de referenciais topográficos e geodésicos;
- Segurança pública;
- Suporte a pesquisas dos seguintes assuntos:
  - Posicionamento em geral;
  - Referenciais geodésicos;
  - Monitoramento e mapeamento da ionosfera;
  - Monitoramento e mapeamento da quantidade de vapor d'água da atmosfera;

- Agricultura de precisão; e
- Outros assuntos.

O IBGE está desenvolvendo todas essas atividades da RBMC em parcerias com companhias, empresas, exército brasileiro, força aérea, fundações, institutos federais e universidades federais, entre outros.

Nos apêndices, temos a Tabela 1, apresentando o cronograma das instalações e desinstalações das estações que formavam a RBMC até outubro de 2011. E na Figura 1, é apresentado um esboço demonstrando a atual distribuição espacial das estações RBMC no território nacional.



Figura 1: Distribuição espacial das estações RBMC no Brasil.  
Fonte: (IBGE, [s.d.]

### 2.3. AUSTRÁLIA – ARGN, SPRGN E AUSCOPE

Segundo a Geoscience Austrália, cooperativamente opera e mantém redes GNSS de aproximadamente cem (100) Estações de Referência de Operação Contínua (CORS) em toda a região australiana e no Pacífico Sul, incluindo: Rede GNSS Regional Australiana (ARGN); Rede GNSS Regional do Pacífico Sul (SPRGN); e Rede AuScope. (*Disponível em Australian Government, Geoscience Australia*).<sup>1</sup>

A principal função da ARGN é fornecer a estrutura geodésica para a infra-estrutura de dados espaciais na Austrália e em seus territórios. Esta consiste de uma rede de receptores GNSS de qualidade geodésica permanente e antenas, em marcas geologicamente estáveis na Austrália e seus territórios. Esses locais fornecem informações para a medição dos processos da Terra, como a dinâmica da crosta terrestre e a elevação do nível do mar. Os dados da rede ARGN também contribuem para o Serviço Internacional de GNSS – IGS (semelhantemente ao Brasil). Estes dados obtidos estão disponíveis para uso público sob uma licença de *creative commons*, (*Geoscience Australia*).

A Rede GNSS Regional do Pacífico Sul (SPRGN) foi iniciada durante a Fase III do Projeto de Monitorização do Nível do Mar do Pacífico Sul financiado pela AusAID (SPSLMP). O SPSLMP foi desenvolvido em 1991 como uma resposta do governo australiano às preocupações levantadas pelos países membros do Fórum do Pacífico Sul sobre os impactos potenciais do aquecimento global induzido pelo homem no clima e nos níveis do mar na região do Pacífico. Seu objetivo é monitorar o movimento vertical da crosta terrestre em conjunto com as medições de marés como parte da rede SEAFRAME localizada no sul do Oceano Pacífico. O SPRGN consiste em estações de referência de operação contínua, localizadas próximas às estações de monitoramento do nível do mar, e mede os movimentos verticais e horizontais da terra em um referencial terrestre geocêntrico preciso e global. A combinação desses dados com levantamentos precisos de nivelamento entre o sensor de maré e a estação CORS determina a estabilidade vertical do medidor e a alteração absoluta do nível do mar, (*Geoscience Australia*).

Já o projeto do financiamento da AuScope foi concedido para desenvolver a rede GNSS e outras infraestruturas geodésicas na Austrália. Isso criará uma melhor compreensão da deformação da Austrália continental. Esta é uma iniciativa estabelecida no âmbito da Estratégia Nacional de Infraestrutura de Pesquisa em Colaboração (NCRIS) para caracterizar a estrutura e evolução do continente australiano. O AuScope inclui um componente geoespacial que aumentará a precisão e a resolução do Sistema Nacional de Referência Geoespacial, incluindo suas inconsistências

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/gnss-networks>

cronológicas. Isso terá impacto direto em várias ciências e indústrias que exigem um posicionamento preciso para melhorar a eficácia. No devido tempo, irá melhorar significativamente a forma como os conjuntos de dados geoespaciais podem ser integrados, (*Geoscience Australia*).

A AuScope Geospatial irá compensar os outros elementos de geociência da AuScope, fornecendo estimativas atualizadas de deformações continentais. Incluindo estimativas resultantes de tensões tectônicas de placas e causas antropogênicas (ou induzidas pelo homem). O conhecimento da deformação do continente melhorará diretamente as avaliações do estado de estresse dos riscos da crosta continental e do terremoto. Isto apoia o desenvolvimento de melhores procedimentos de mitigação de riscos e a atualização de códigos de construção. A melhor compreensão da deformação do continente também ajudará os estudos de evolução da paisagem, pesquisa de tipos de solo (agricultura) e salinidade (degradação da terra), (*Geoscience Australia*).

A Geoscience Australia está trabalhando em colaboração com a Universidade Nacional Australiana, Universidade da Tasmânia, Universidade de Curtin e todos os governos estaduais e territoriais para implementar o programa AuScope, (*Geoscience Australia*).

Abaixo, na Figura 2 temos a demonstração atual da distribuição espacial das CORS no território nacional:

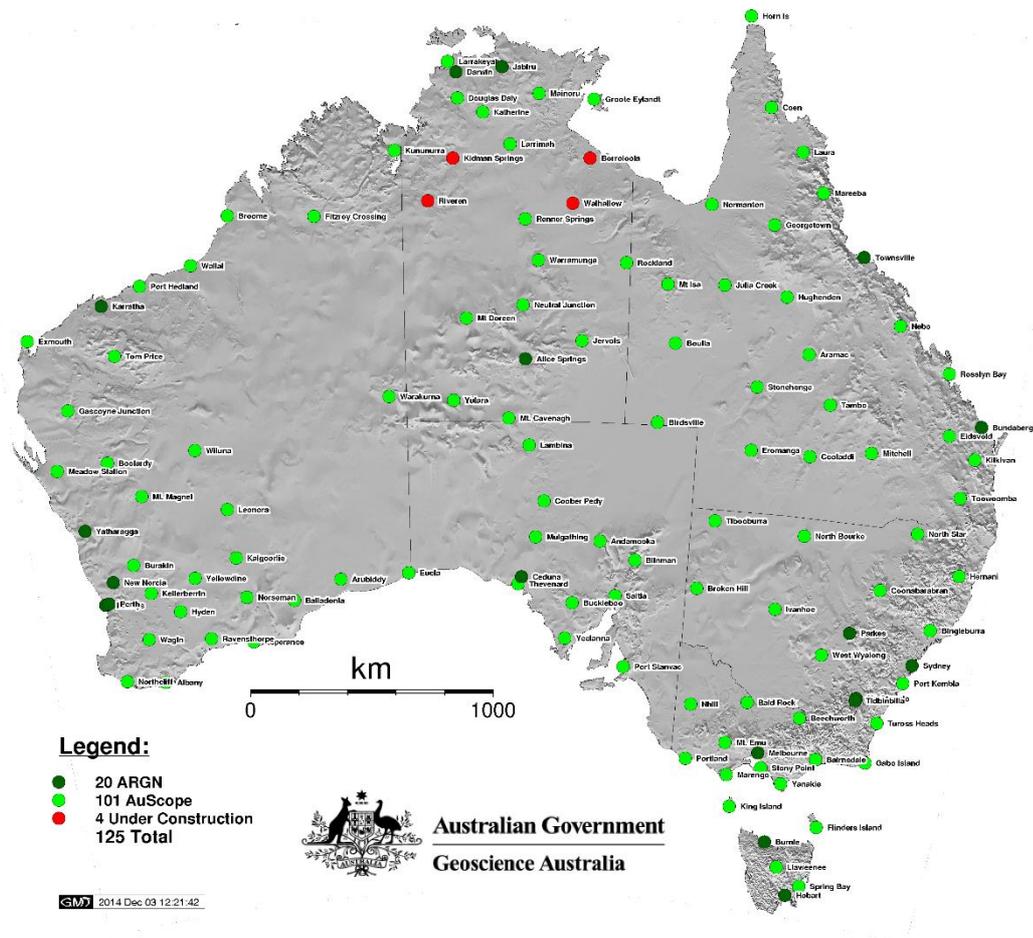


Figura 2: Estações CORS no território Australiano  
 Fonte: Australian Government Geoscience Australia<sup>2</sup>

#### 2.4. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – NGS

O NGS (*National Geodetic Survey*), um escritório do Serviço Nacional Oceânico da NOAA, gerencia uma rede de Estações de Referência Continuamente Operacionais (CORS) que fornecem dados do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) que consistem em medições de fase de portadora e alcance de código em suporte de tridimensional. Proporcionando posicionamento, meteorologia, clima espacial e aplicações geofísicas em todos os Estados Unidos, seus territórios e alguns países estrangeiros. (NGS, 2018).<sup>3</sup>

Pesquisadores, usuários de GIS (*Geographic Information System - Sistema de Informações Geográficas*), engenheiros, cientistas e o público em geral que coletam dados de GPS (GNSS) podem usar os dados do CORS para melhorar a precisão de suas posições. As coordenadas pós-

<sup>2</sup> Disponível em: [ftp://ftp.ga.gov.au/geodesy-outgoing/gnss/pub/maps/argn\\_map.png](ftp://ftp.ga.gov.au/geodesy-outgoing/gnss/pub/maps/argn_map.png)

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.ngs.noaa.gov/CORS>

processadas aprimoradas do CORS abordam alguns centímetros em relação ao Sistema Nacional de Referência Espacial, tanto na horizontal como na vertical (NGS, 2018).

A rede CORS é um empreendimento cooperativo de múltiplas finalidades envolvendo organizações governamentais, acadêmicas e privadas. Os sites são de propriedade e operação independentes. Cada agência compartilha seus dados com a NGS e, por sua vez, a NGS analisa e distribui os dados gratuitamente. Em agosto de 2015, a rede CORS contou com quase 2.000 estações, contribuiu por mais de 200 organizações diferentes, destaca-se que a rede continua expandindo (NGS, 2018).

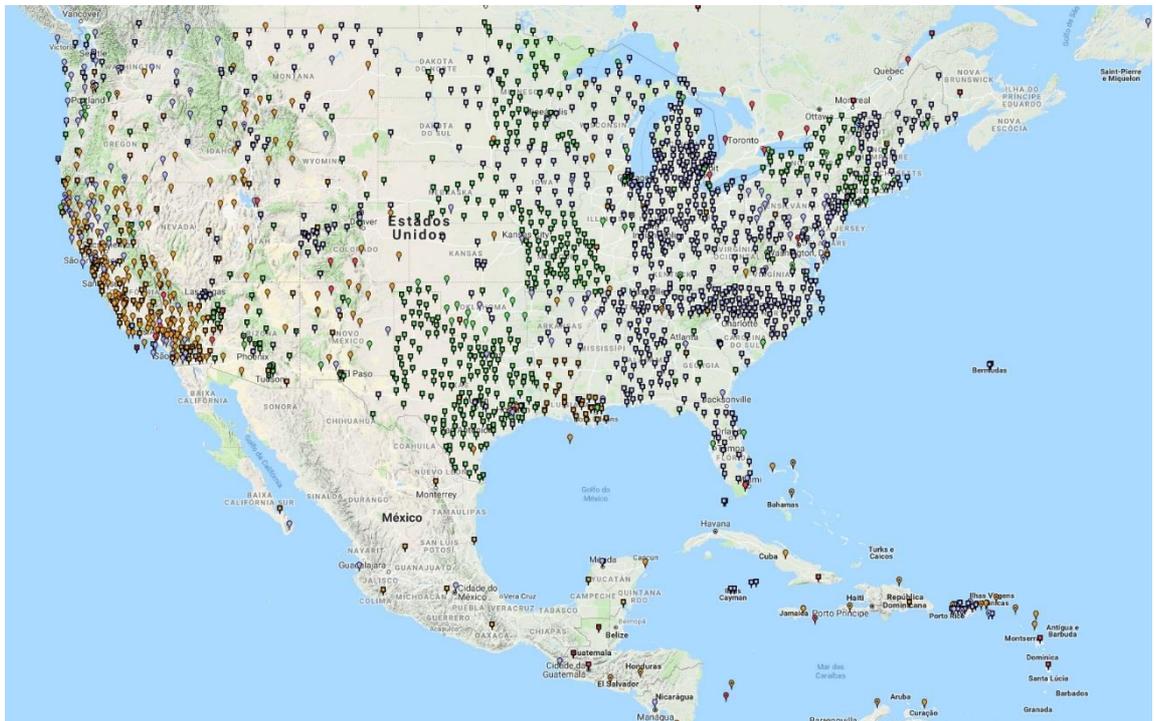


Figura 3: Estações da rede CORS no território americano  
Fonte: National Geodetic Survey<sup>4</sup>

### 3. MATERIAIS E METODOS

#### 3.1. MATERIAIS

A seguir são listados os materiais utilizados neste trabalho:

- Banco de dados geográfico das estações RBMC, fornecidos pelo IBGE;
- Banco de dados geográfico das estações ARGN, SPRGN, AUSCOPE, fornecidos pelo *Geoscience Australia*;

<sup>4</sup> Disponível em: [https://www.ngs.noaa.gov/CORS\\_Map/](https://www.ngs.noaa.gov/CORS_Map/)

- Banco de dados geográfico das estações CORS, fornecidos pelo NGS;
- *Shapefiles*<sup>5</sup> dos países em estudo em formato (.shp) no sistema de referência padrão em vigência de cada nação.

### 3.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS E HARDWARE

Para elaboração deste trabalho, os recursos tecnológicos empregados foram:

- Download do software livre QGIS Desktop 2.16.1 versões português 64bits;
- Software Microsoft Office Excel 2016, para geração de gráficos e tabelas;
- O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Cartografia Costeira (LACOST<sup>6</sup>) do Departamento de Engenharia Cartográfica.

### 3.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram levantados dados gratuitos dos portais governamentais dos países, via pagina dos órgãos responsáveis pelas redes GNSS. Da RBMC pelo IBGE, da ARGN pela *Geosciense Australia*, CORS, pelo SGN.

Com posse dos dados, foram criados shapefiles para as estações com auxílio do *software QuantumGIS*.

Em seguida, foram obtidos os arquivos vetoriais dos países em estudo, obtidos no portal CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*).

Feito isso, foi analisado e processado por meio das ferramentas do *software*, a quantidade de estações por estado, calculada a densidade de estações por quilometro quadrado. E com esses dados processados, gerado classificações temáticas, criando mapas temáticos a respeito das redes GNSS de operação contínua, em cada país. Para com isto, foram efetuadas as análises finais em cada país. Começando primeiramente com o Brasil, e replicando os mesmos produtos para os demais países.

A metodologia é apresentada simplificadamente a partir do fluxograma a partir da Figura 4 a seguir:

<sup>5</sup> Obtidos através da plataforma: <https://wwwn.cdc.gov/epiinfo/html/shapefiles.htm#USA>

<sup>6</sup> Endereço eletrônico: <https://www.ufpe.br/laccost>

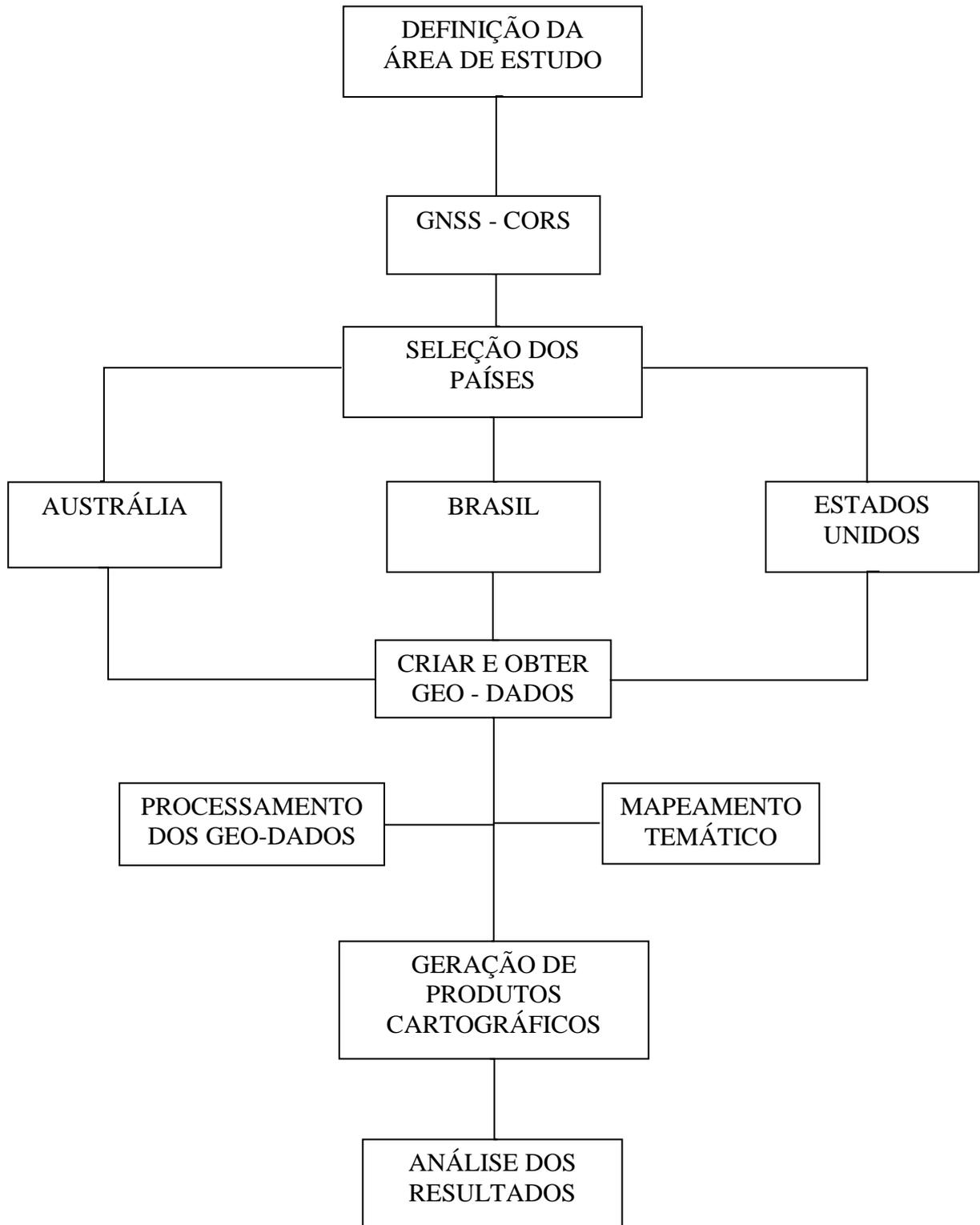


Figura 4: Fluxograma esquemático dos procedimentos metodológicos

Fonte: Autor, 2018

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. BRASIL – RBMC

Na figura 5, temos o mapa do Brasil, com todas as estações RBMC ativas (operantes e inoperantes). Foi feita uma classificação de valor absoluto de estações por estado. O com maior número de estações, com cores mais fortes e escuras, e quanto menos estações, cores mais claras.

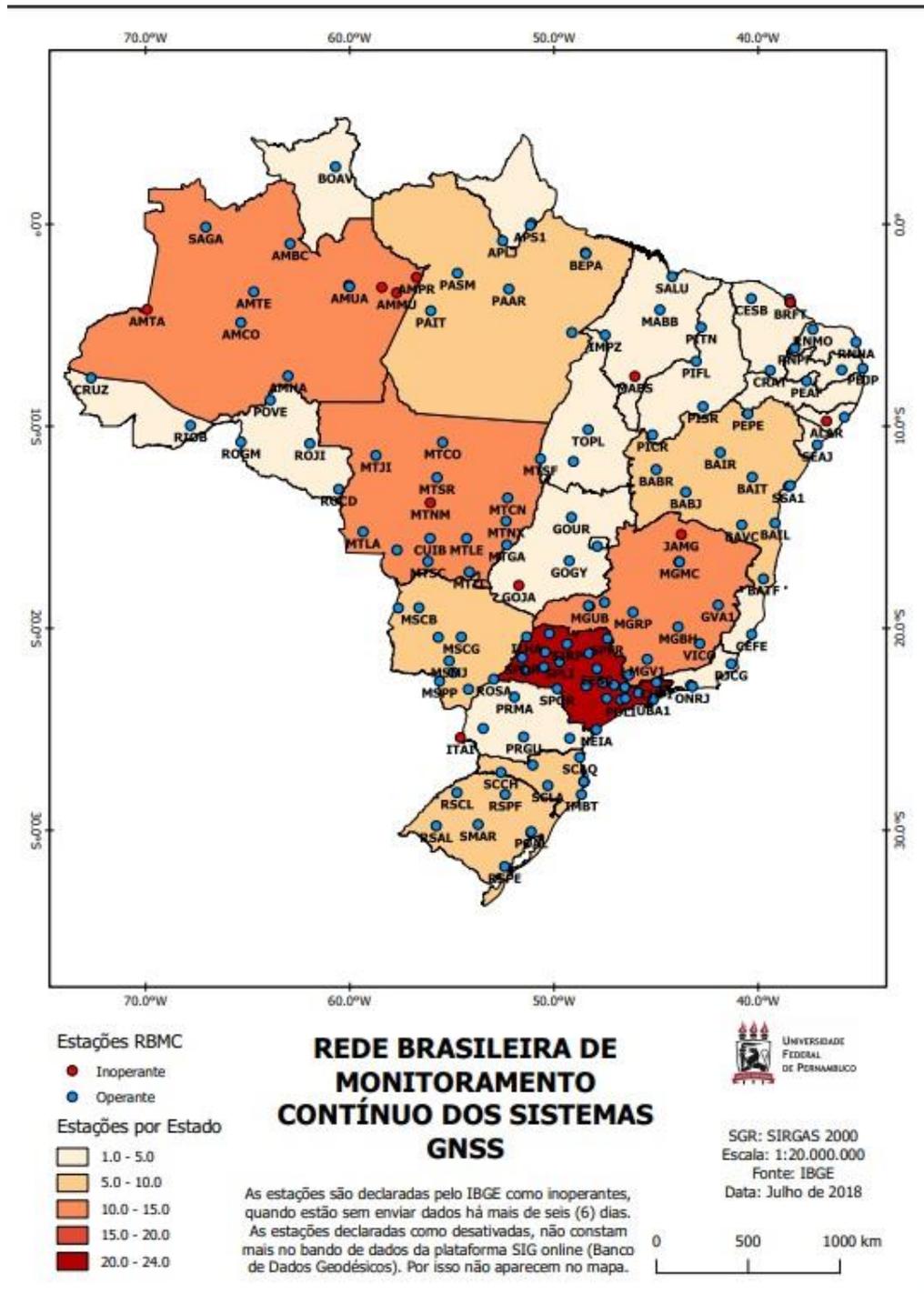


Figura 5: Mapa temático do Brasil. Nº de Estações por estado

É interessante notar onde estão os estados com maior quantidade de estações, a região sudeste. A região mais populosa e industrializada do Brasil.

A seguir, foram feitas várias classificações para a relação entre número de estações e área em quilômetros quadrados, por métodos diferentes (Intervalo Igual, Contagem Igual, Quebras Claras e Quebras Naturais), e escolhida uma delas, para ser replicada para os outros países.

Nesta primeira classificação, temos uma visualização clara das diferentes densidades de estações em relação a área do estado. Estados grandes em área, mas por ter muitas estações como é o caso de São Paulo, esteve dentro das maiores densidades, assim como Sergipe e Distrito Federal estiveram enquadrados dentro da mesma graduação de densidade, mesmo com o baixo número de estações, totalizando somente uma em toda a unidade federativa, é o que nos demonstram nas representações das figuras 6, 7, 8 e 9.

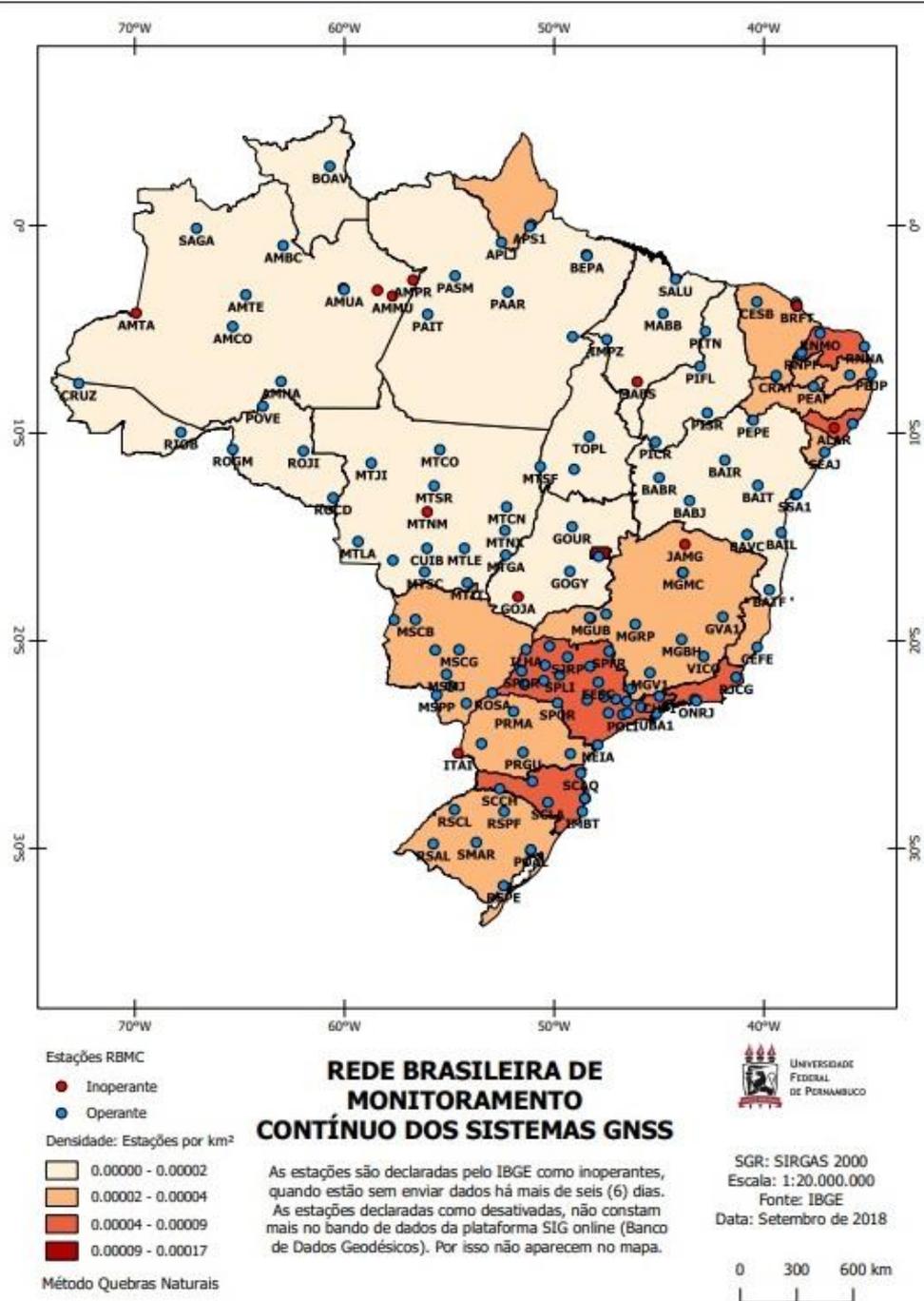


Figura 6: Mapa temático do Brasil. N° de estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Naturais

Esta demonstrou-se ser uma boa opção de classificação, pois deixa nítida a discrepância do estado de São Paulo para os demais estados e deu um destaque a alguns estados que conseguem uma densidade intermediária. Assim como fica nítido aqueles que precisam de mais estações.

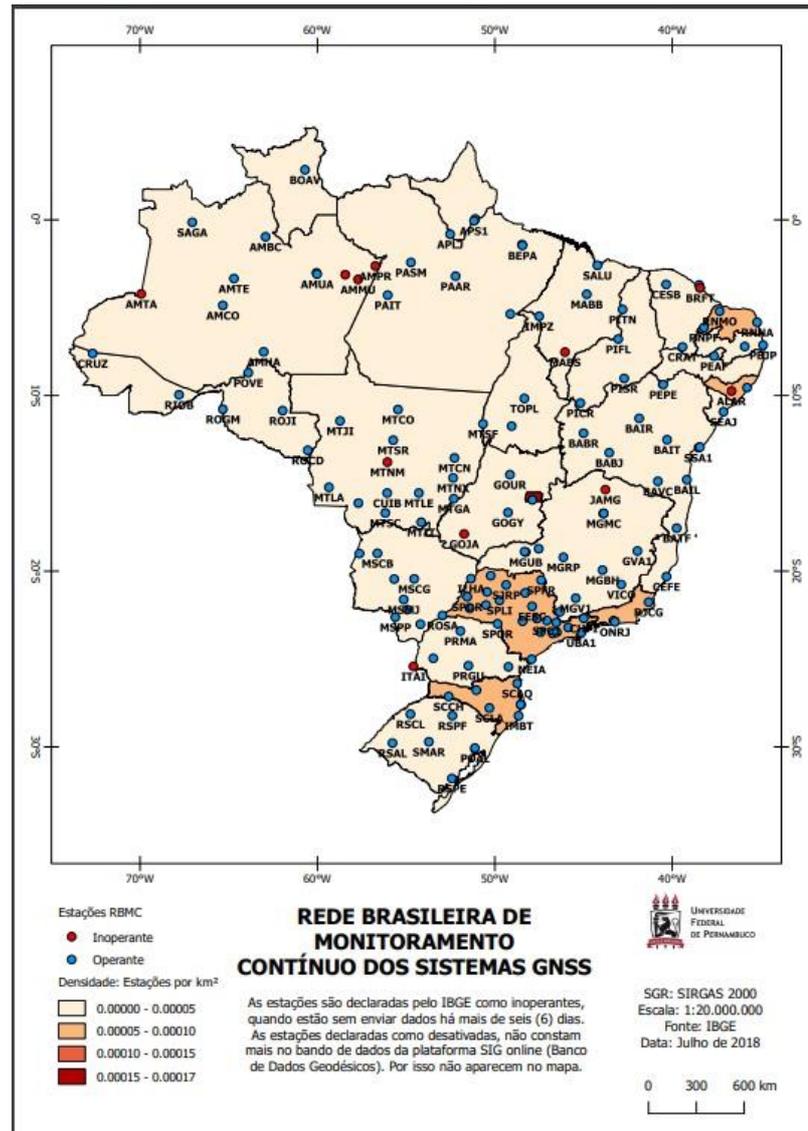


Figura 7: Mapa temático do Brasil. Nº de estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Claras

Esta classificação é tida como mais dramática, pois coloca praticamente todo o país na mesma situação, com cinco estados um pouco melhores.

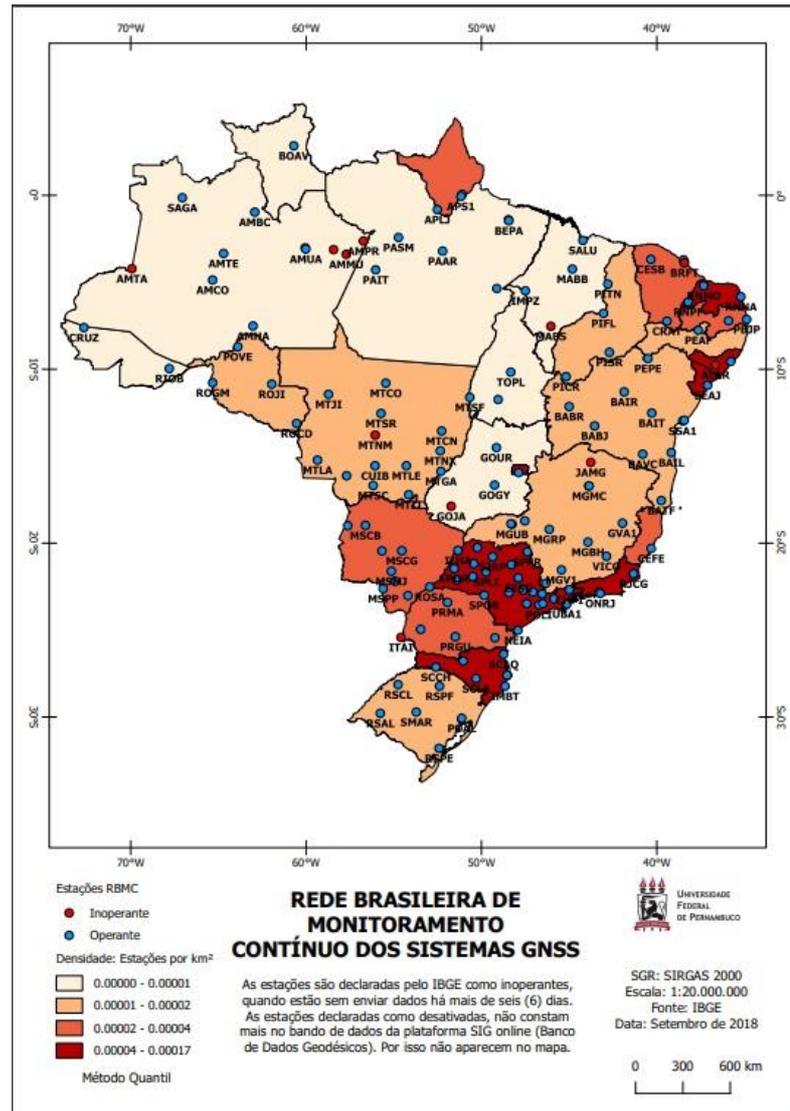


Figura 8: Mapa temático do Brasil. Nº de estações por quilômetro quadrado. Método Quantil.

Já a classificação da figura 8, feita pelo método Quantil, é apresentada um exagero de graduação, onde a diferença de densidade em que os estados foram agrupados, não justificam essa apresentação.

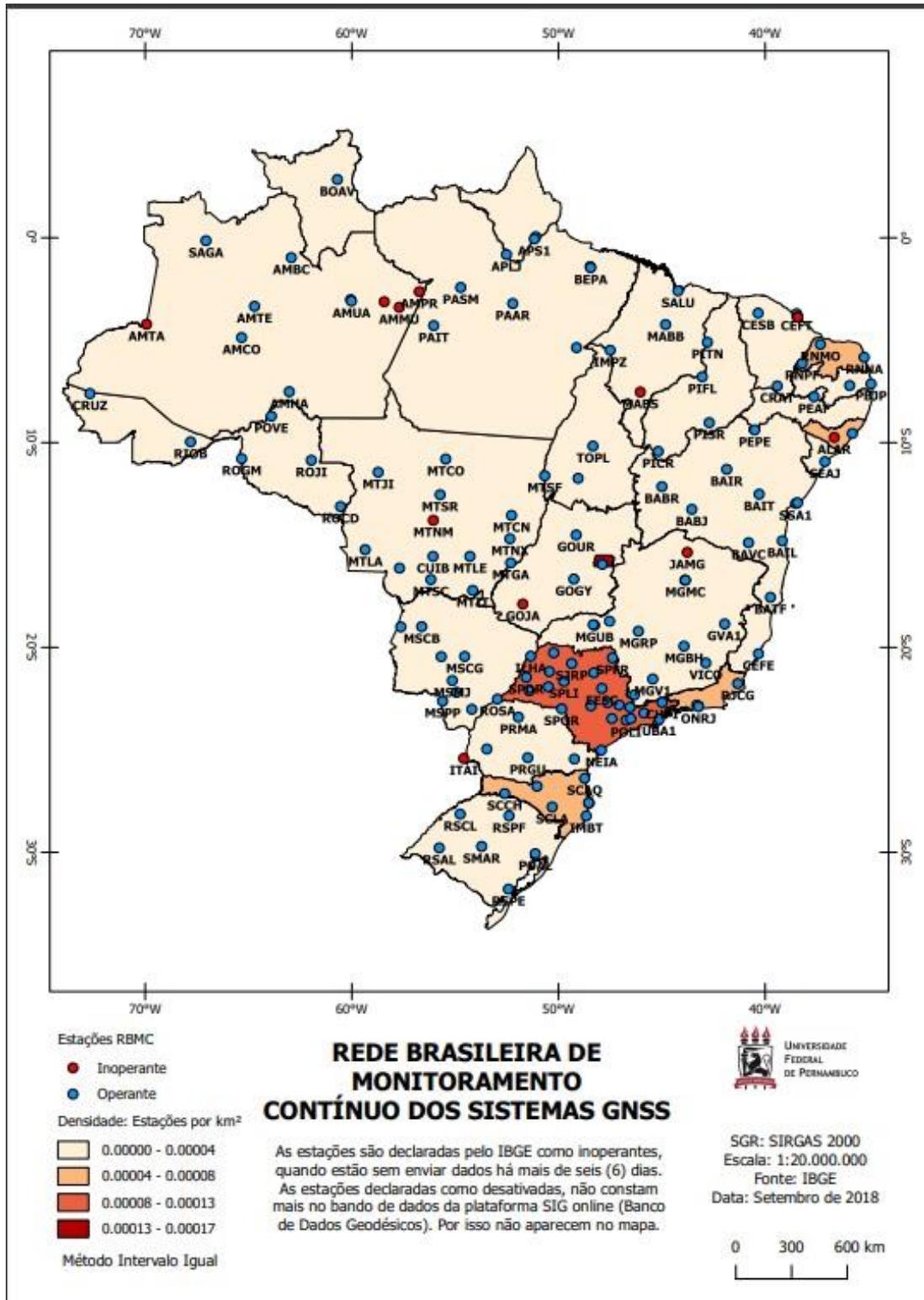


Figura 9: Mapa temático do Brasil. Nº de estações por quilômetro quadrado. Método Intervalo Igual.

Ainda, foi-se calculado *buffers*, referentes às distâncias de linha de base de 30 km, 50 km e 100 km. Para se ter uma noção da área de cobertura fornecida pelas estações RBMC no Brasil. Lembrando, que a distância de 50 km já sendo tomada como valor limite, para bons resultados nos

processamentos relativos, devido que a essa distância já se tem os efeitos da curvatura da Terra no processamento. Figura 10 mostrando os alcances das linhas de base.

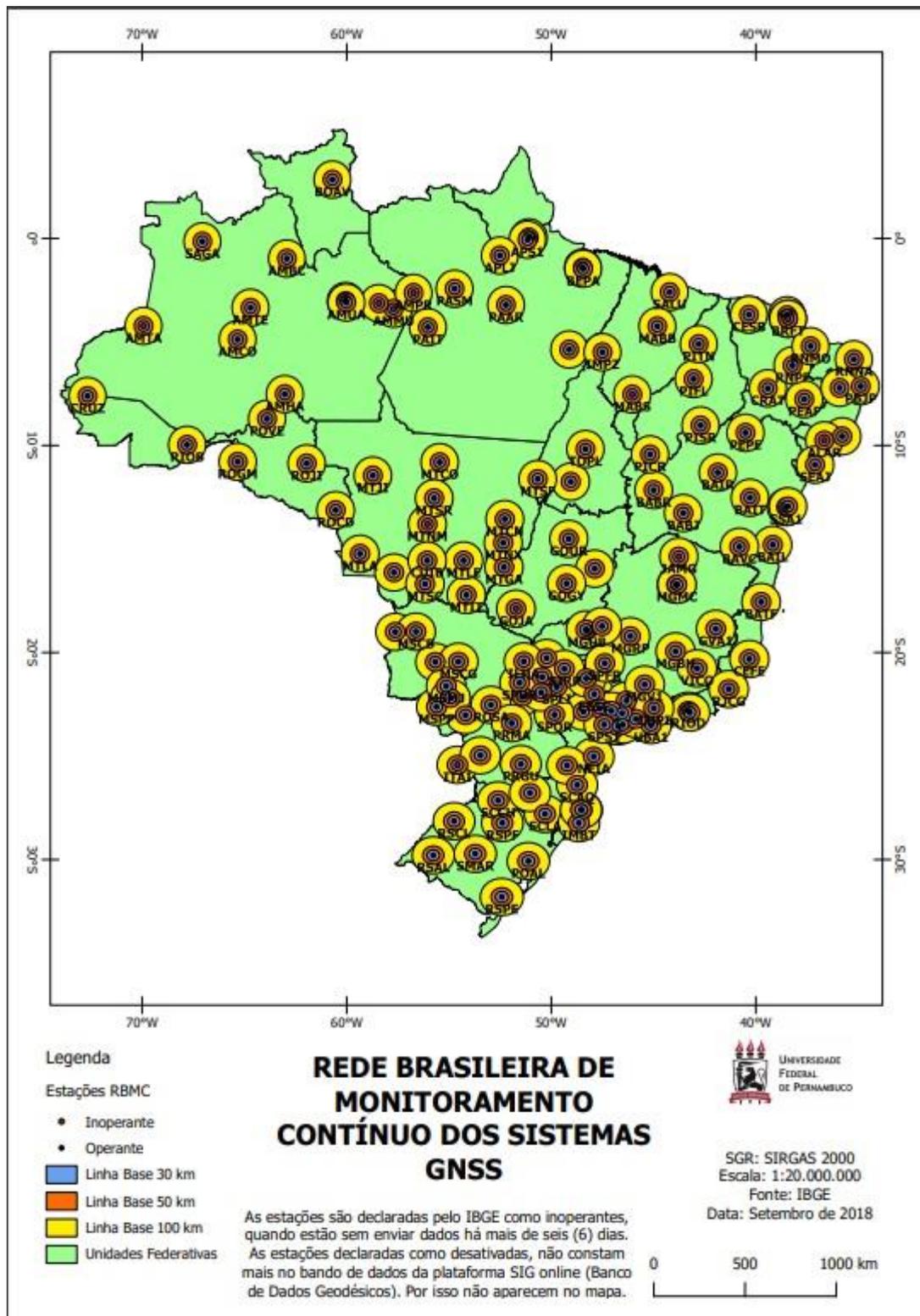


Figura 10: Estações RBMC com Buffers de 30, 50 e 100 km.

Percebemos o quanto a cobertura de 30 (trinta) quilômetros é insignificante para a extensão territorial do Brasil. E basicamente, o único local no Brasil, onde tem-se a sobreposição de

cobertura neste alcance, é no estado de São Paulo. Assim como também, a cobertura de 50 (cinquenta) quilômetros não faz diferença significativa comparada a trinta quilômetros.

No Brasil começamos a ter boa margem de sobreposição a partir dos 100 (cem) quilômetros de linha de base. O estado de São Paulo fica totalmente coberto por esse valor de alcance. Assim como o Distrito Federal com somente uma estação. E estados do sul e nordeste brasileiro começam a serem preenchidos, conforme figura 11.

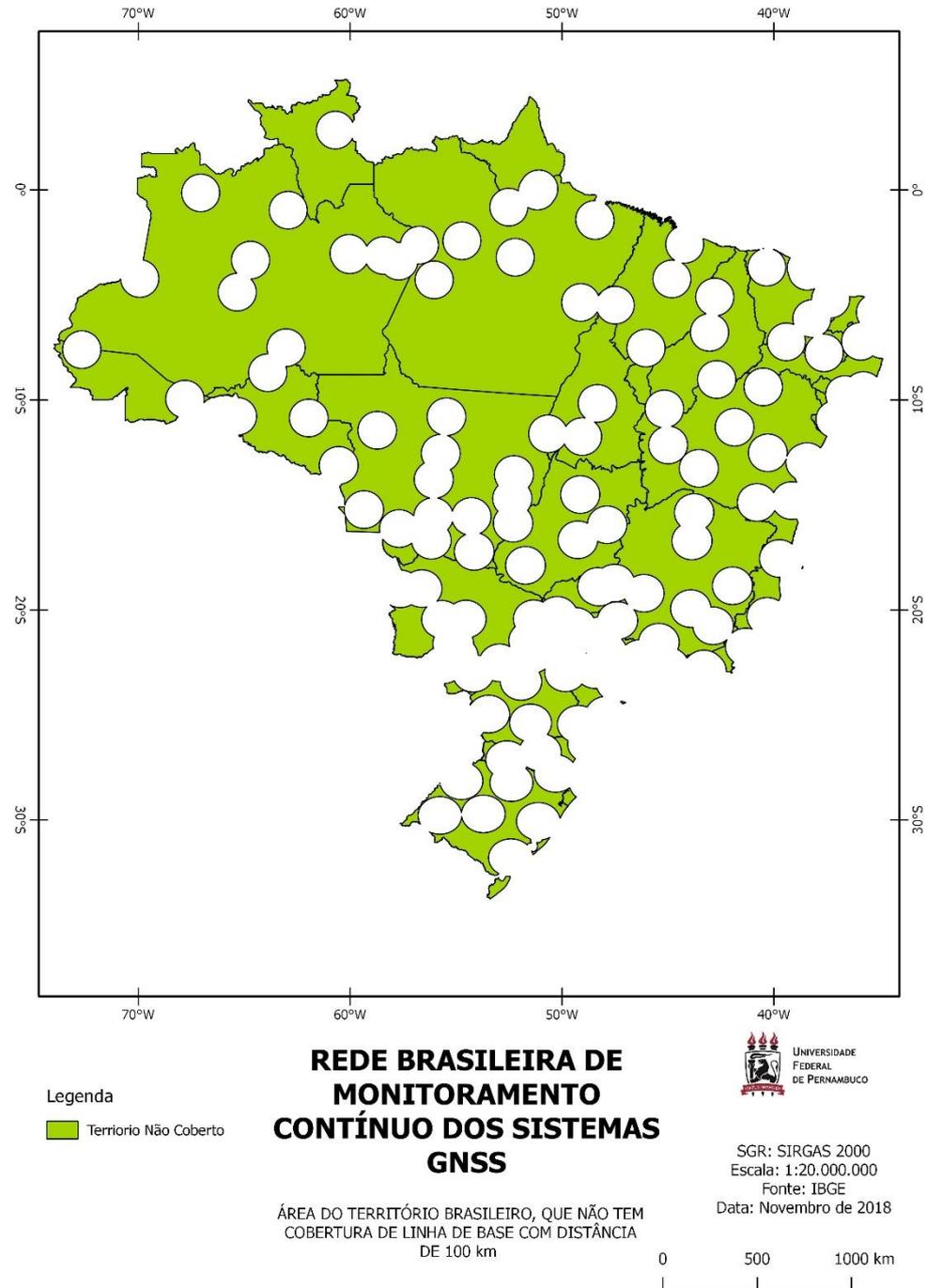


Figura 11: Vazios geográficos dos alcances da linha de base de 100 km

Em termos de percentuais de área coberta com essa linha de base de 100 (cem) quilômetros, o Distrito Federal aparece em primeiro, com 100% (cem por cento) coberto, em seguida temos o estado de São Paulo com 95,20% com Paraíba e Santa Catarina em seguida, com respectivamente 89,84% e 88,13%. Os estados que estão em pior situação, com baixos percentuais de cobertura são Roraima, Pará e Amazonas, respectivamente com 14,19%, 16,13%, 18,42%.

Um dado importante que serve para estes fins comparativos é que o estado de São Paulo possui uma densidade populacional de 177,4 hab./km<sup>2</sup>. Assim como Paraíba e Santa Catarina possuem 66,70 hab./km<sup>2</sup> e 61,53 hab./km<sup>2</sup>. Já os estados mais desprovidos de cobertura (RR, PB, AM) possuem: 2,33 hab./km<sup>2</sup>, 2,61 hab./km<sup>2</sup>, 6,70 hab./km<sup>2</sup>, em média 10 vezes menos densos.

#### 4.2. AUSTRÁLIA - ARGN

Na figura 12, temos o mapa da Austrália, com todas as estações de operação contínua ativas. Foi feita uma classificação de valor absoluto de estações por estado. O com maior número de estações, com cores mais fortes e escuras, e quanto menos estações, cores mais claras.

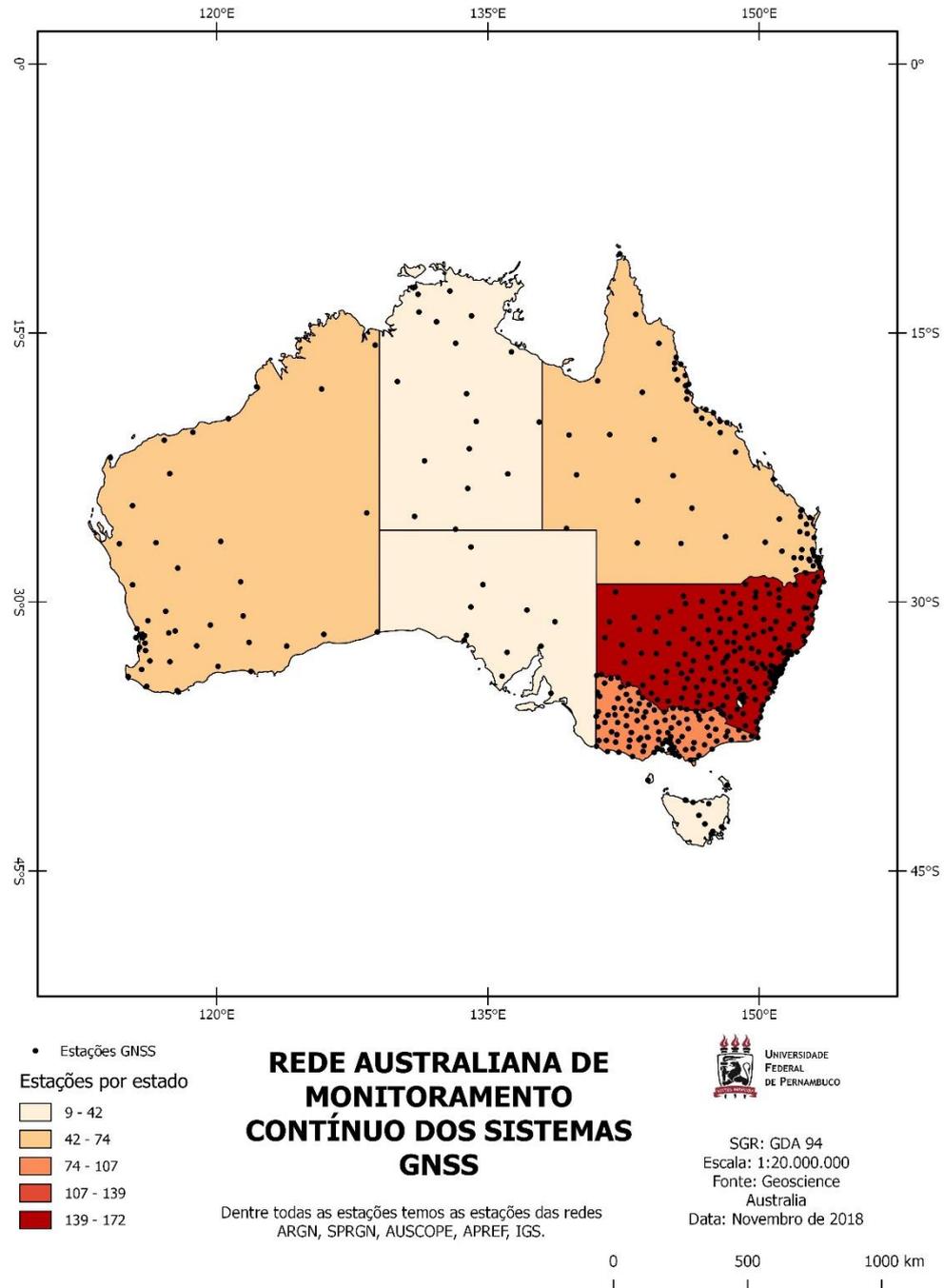


Figura 12: Mapa temático da Austrália. Nº de Estações por estado

É interessante notar onde estão os estados com maior quantidade de estações, a região sudeste. A região mais populosa da Austrália.

O país tem uma das populações mais urbanizadas e concentradas no litoral, com mais de 80 por cento dos residentes vivendo nos 100 quilômetros da costa. Atualmente, a Austrália tem uma população de quase 23 milhões de pessoas, segundo o *Tourism Australia*<sup>7</sup>.

New South Walles é o estado mais antigo e populoso da Austrália. Mais de um terço dos australianos vivem nele, e Sydney é a maior cidade do país. Victoria é o menor dos estados continentais em tamanho, mas é o segundo mais populoso. Melbourne é a capital e a segunda cidade mais populosa da Austrália. Durante a corrida do ouro em 1850, ela se tornou uma das maiores e mais ricas cidades do mundo (*Tourism Australia*).

A seguir, foi feita classificação para a densidade das estações em quilômetros quadrados, paralelamente ao que fora executado ao Brasil. É que nos demonstra a figura 13. Nas figuras 14, 15 e 16, foi executado as áreas de cobertura de linhas de bases semelhantemente ao feito no Brasil. Com raios de 30, 50 e 100 quilômetros.

---

<sup>7</sup> Endereço eletrônico: <http://www.tourism.australia.com/en>

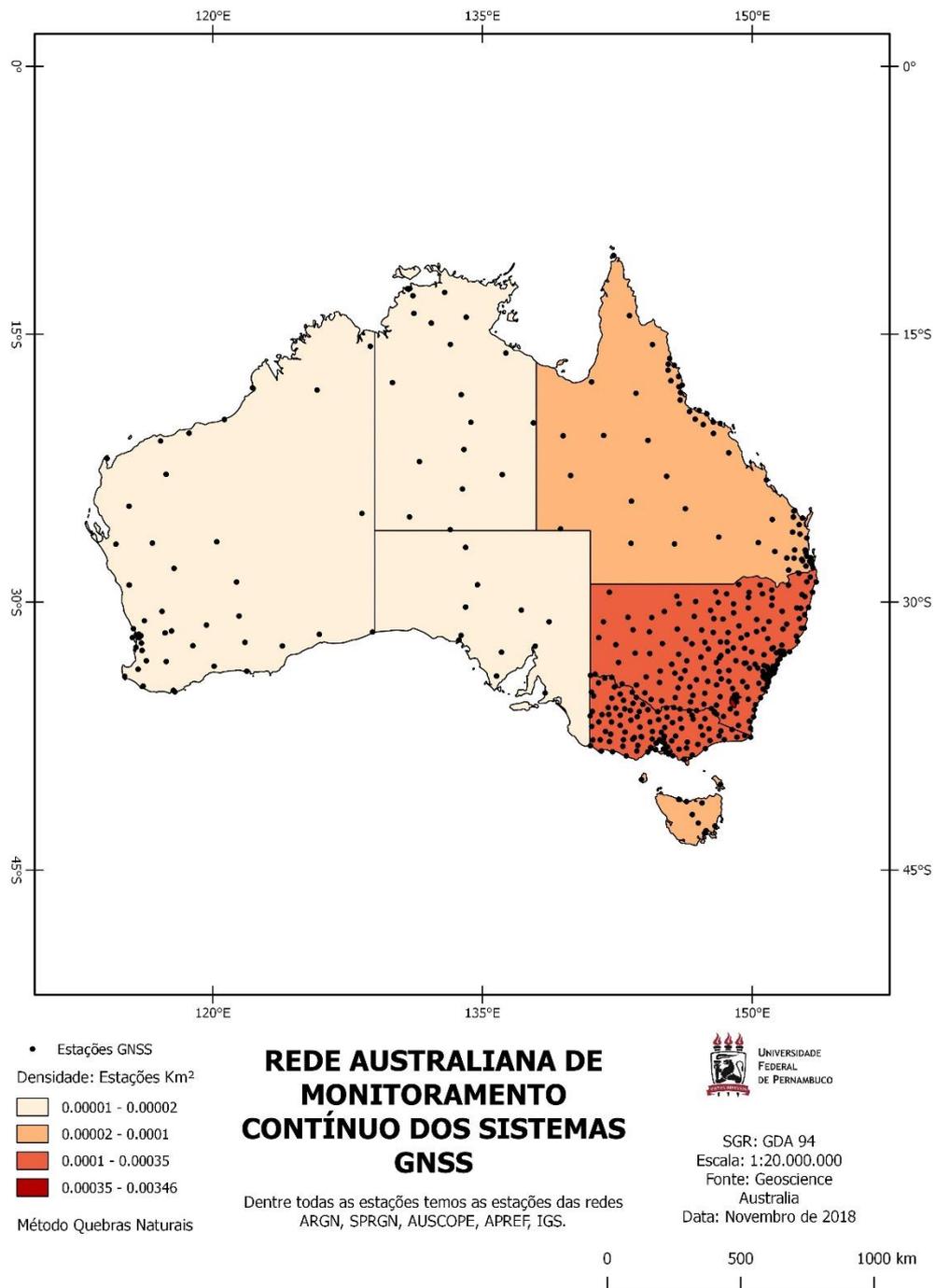


Figura 13: Mapa temático do Austrália. Estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Naturais

Novamente, como desempenho no Brasil, esta demonstrou-se ser uma boa opção de classificação. Pois deixa nítida a discrepância entre os estados. Como do Sudeste para o estado a oeste, onde cerca de três quartos da população do estado vivem na capital, que é a quarta cidade mais populosa da Austrália. O leste do estado é majoritariamente desértico, enquanto o Oeste é cercado por quase 13.000 quilômetros de litoral intocado. Vê-se, portanto, dois fatores para indicar a baixíssima concentração de estações nesta região. Baixa densidade demográfica devido ao

ambiente ser de deserto. Algo semelhante ao Brasil, porém no caso deste último, é devido as grandes matas e florestas equatoriais da região amazônica da América do Sul

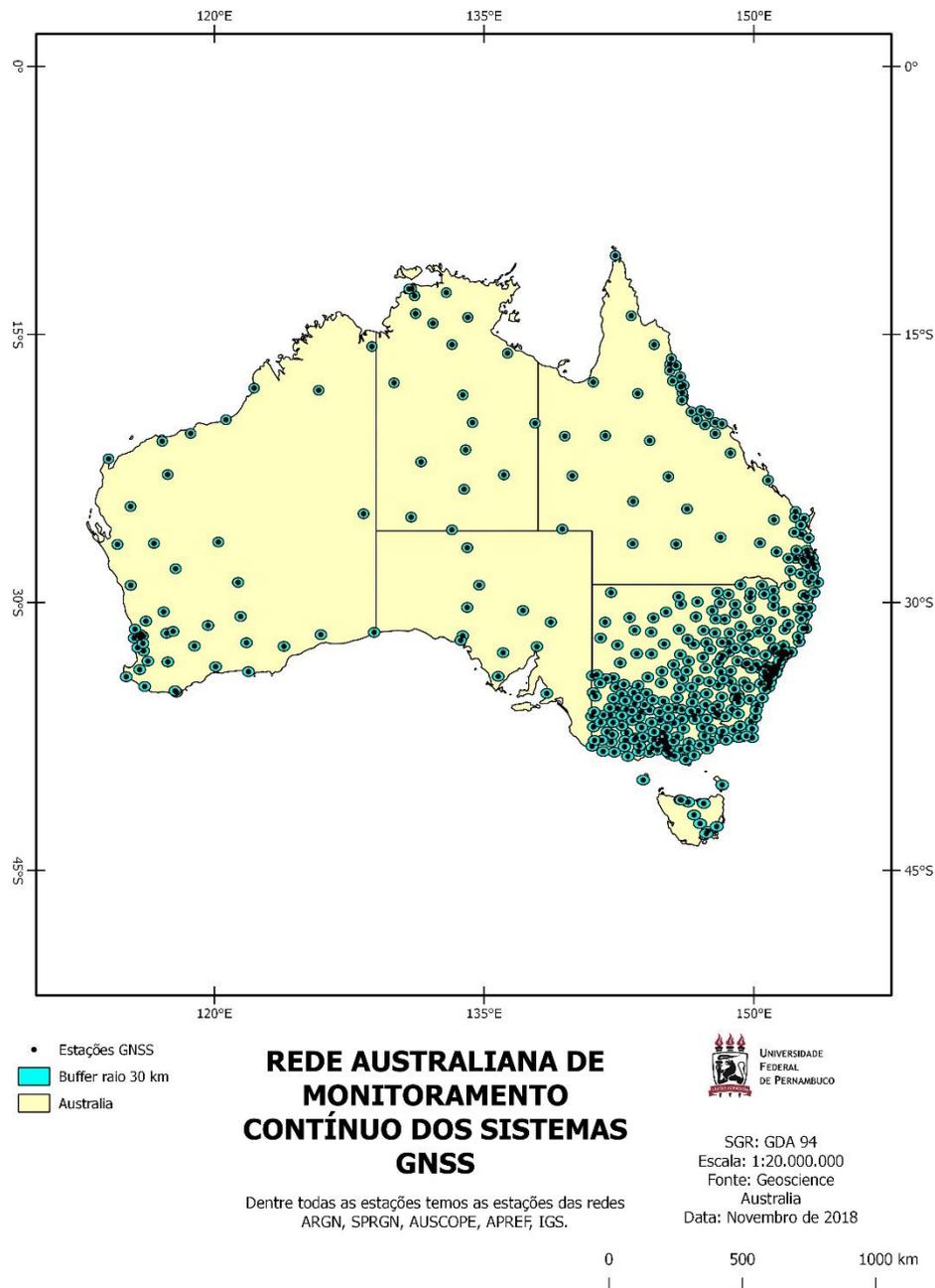


Figura 14: Estações ARGN com Buffer de 30 km.

Percebemos o quanto a cobertura de 30 (trinta) quilômetros é insignificante para a extensão territorial da Austrália, conforme figura 14, exceto nos estados New South Walles e Victoria. Onde a cobertura é ótima. E basicamente, o restante do país com imensos vazios geográficos. Assim como também, a cobertura de 50 (cinquenta) quilômetros, na figura 15, faz diferença significativa entre o Sudeste e o restante do país.

Quando usada a distância de 100 (cem) quilômetros, na figura 16, começamos a ter boa margem de cobertura da linha de costa no restante do país. Que pode, talvez, ter bom uso para estudo de linha de costa. Com o interior desértico do país sofrendo de mais estações.

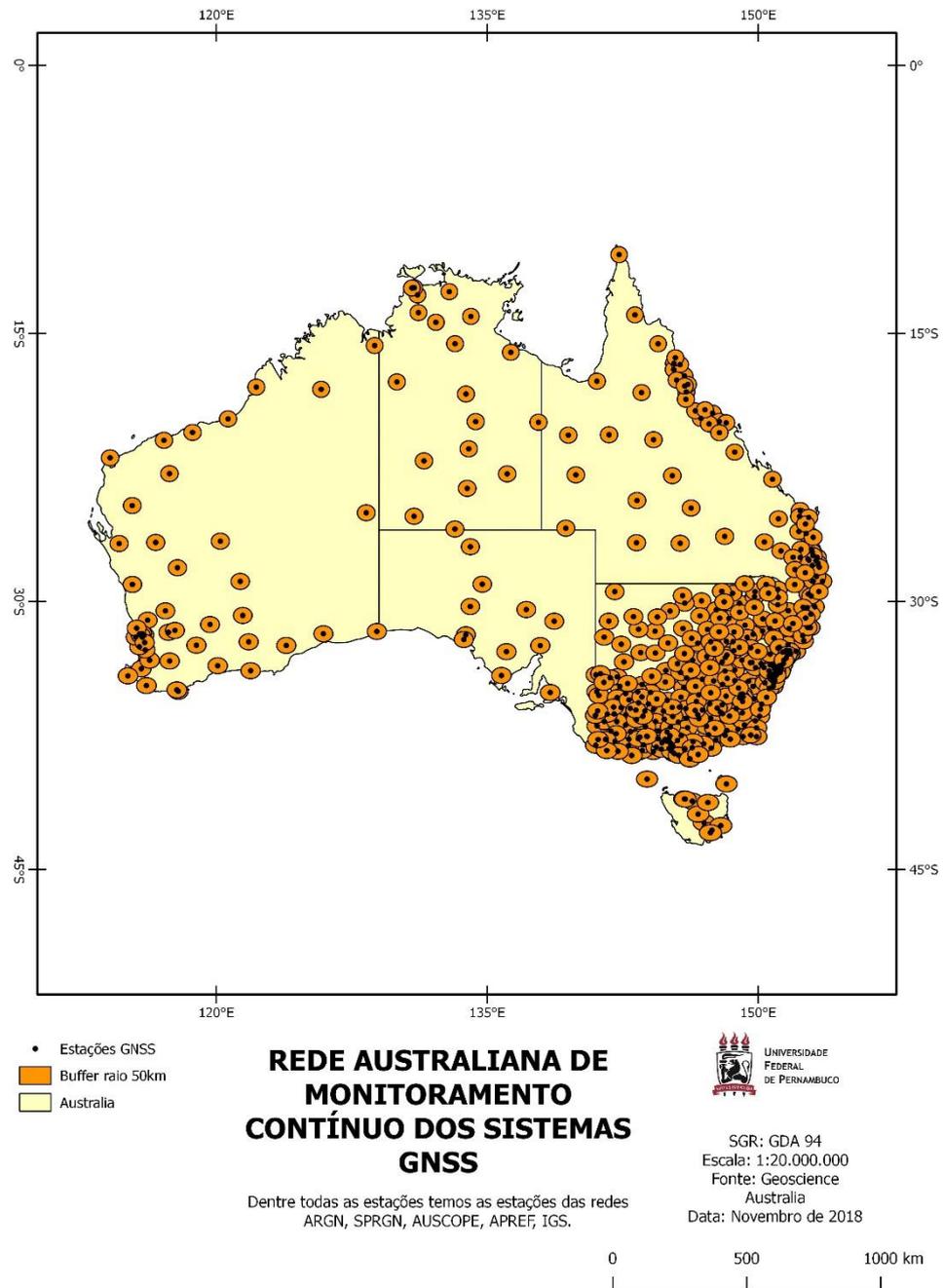


Figura 15: Buffer nas estações ARGN em 50 km.

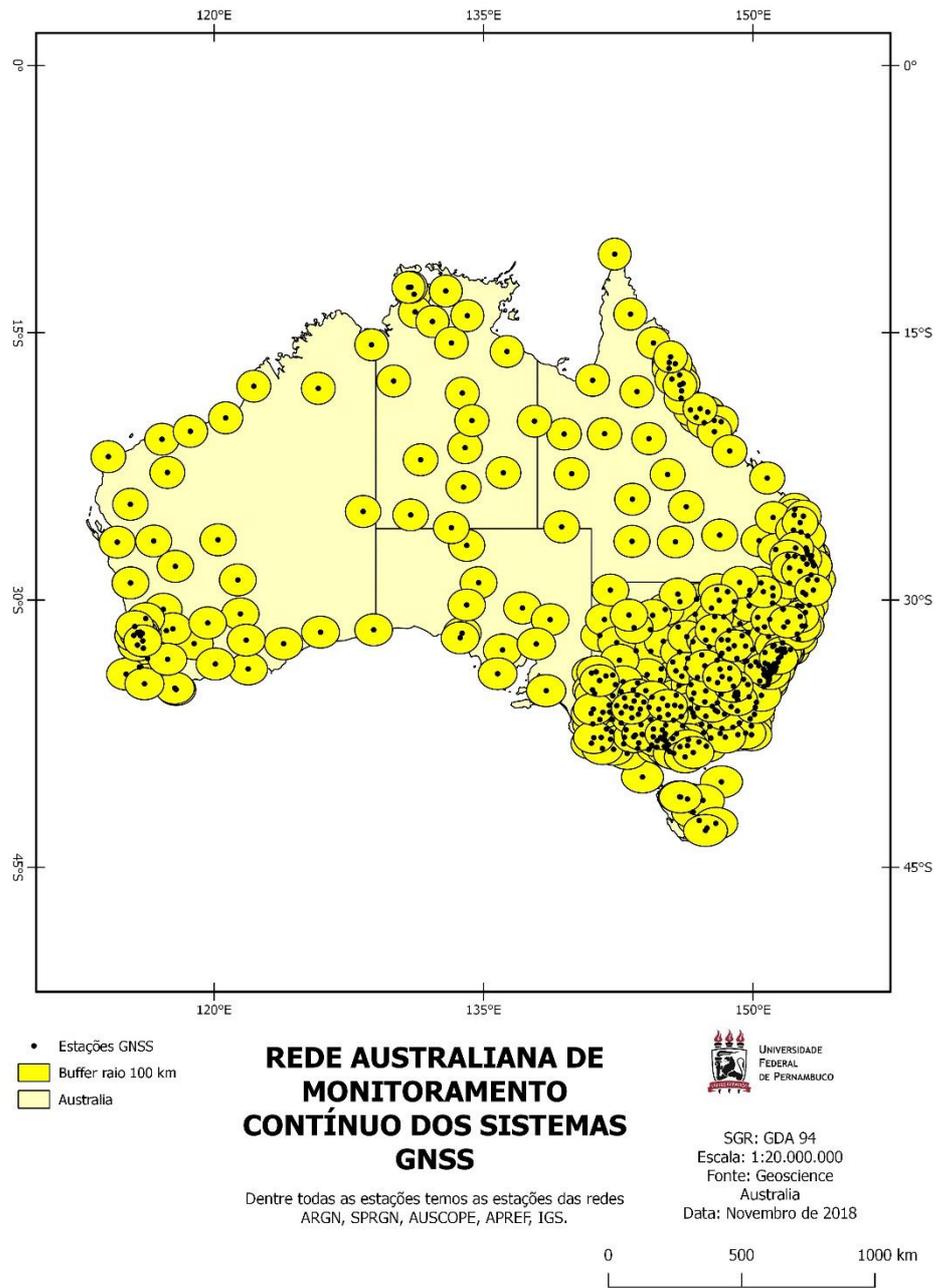


Figura 16: Buffer nas estações ARGN em 100 km.

### 4.3. ESTADOS UNIDOS – CORS

Na figura 17, temos o mapa do Estados Unidos da América – EUA (conforme será tratado adiante), com todas as estações CORS. Foi feita uma classificação de valor absoluto de estações por estado. O com maior número de estações, com cores mais fortes e escuras, e quanto menos estações, cores mais claras. Onde vemos claramente que alguns estados sofrem destaque imediato, devido terem abruptamente diferença do total de estações.

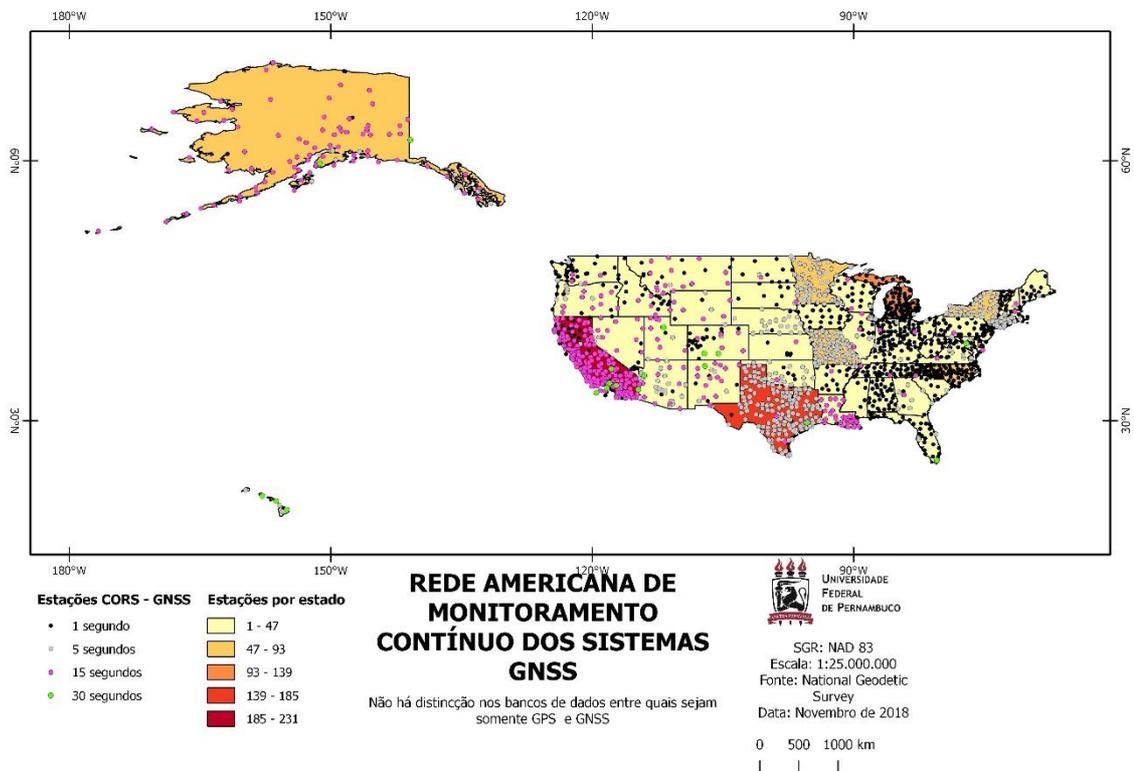


Figura 17: Mapa temático dos EUA. Nº de Estações por estado

Na figura 18, é perceptível que não há grande diferenciação na classificação gerada pelo número absoluto de estações e a densidade de estações por quilômetro quadrado. Foi executado o mesmo método de classificação nos países anteriores, ou seja, o método quebra naturais.

Novamente, demonstrou-se ser um bom método para a proposta analítica proposta por este presente estudo. E diferentemente do acontecido com os dois países anteriores, percebe-se o quanto a cobertura de 30 (trinta) quilômetros é razoável para a extensão territorial dos EUA, principalmente se tratando da costa leste, o nordeste, o sul e costa oeste conforme figura 19.

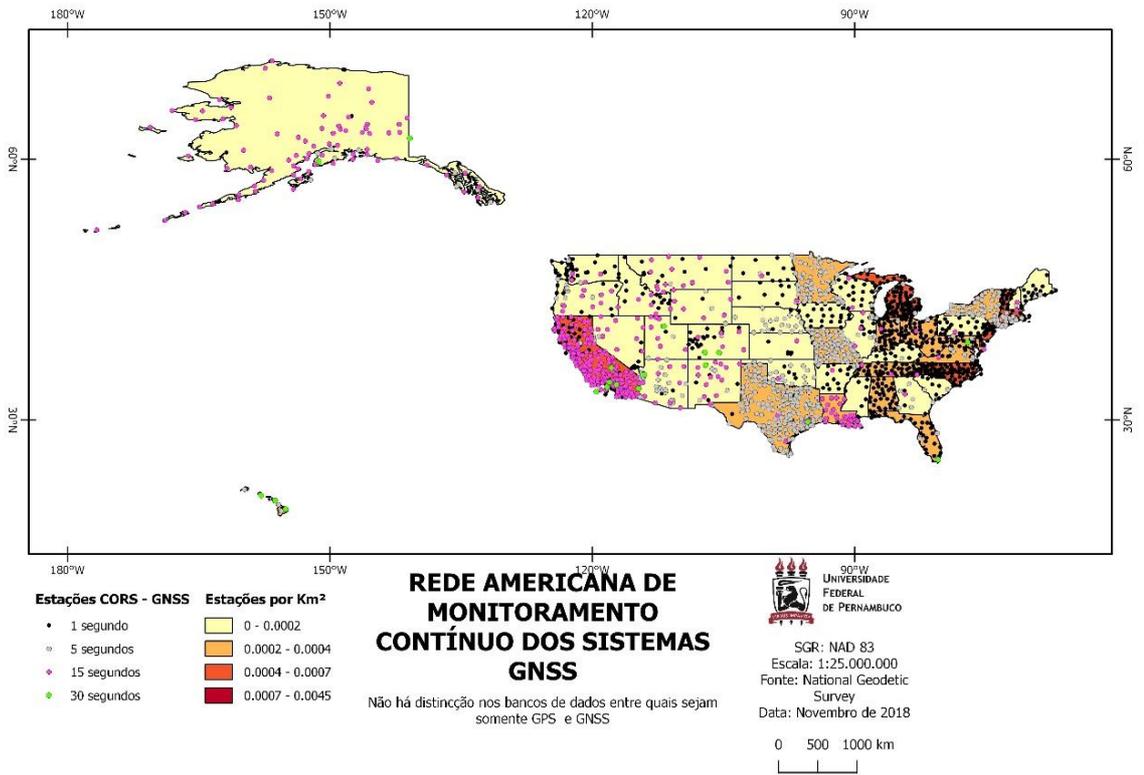


Figura 18: Mapa temático dos EUA. Estações por quilômetro quadrado. Método Quebras Naturais

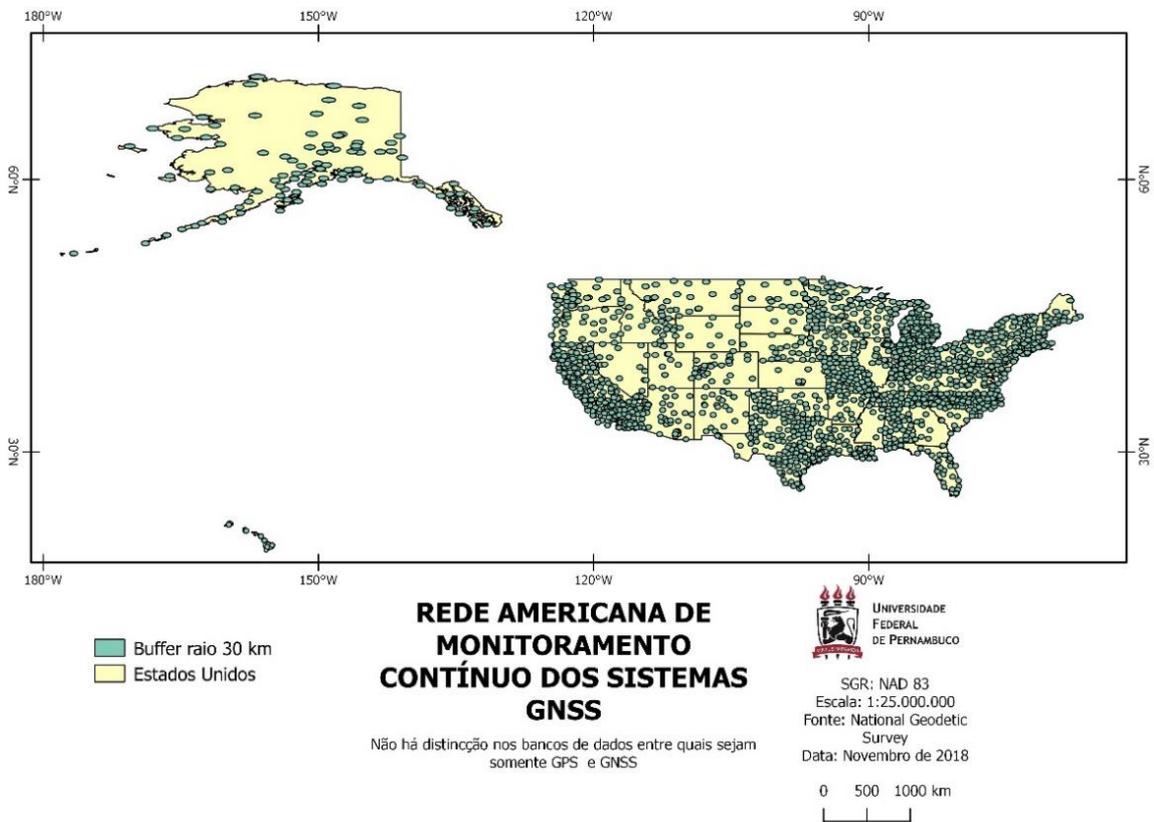


Figura 19: Estações CORS com Buffer de 30 km

Os vazios geográficos se concentram no centro-norte do país e no estado do Alasca, onde é praticamente só neve. Assim como também, a cobertura de 50 (cinquenta) quilômetros, na figura 20, deixam isto mais nítido. Na figura 21, temos o buffer de 100 km.

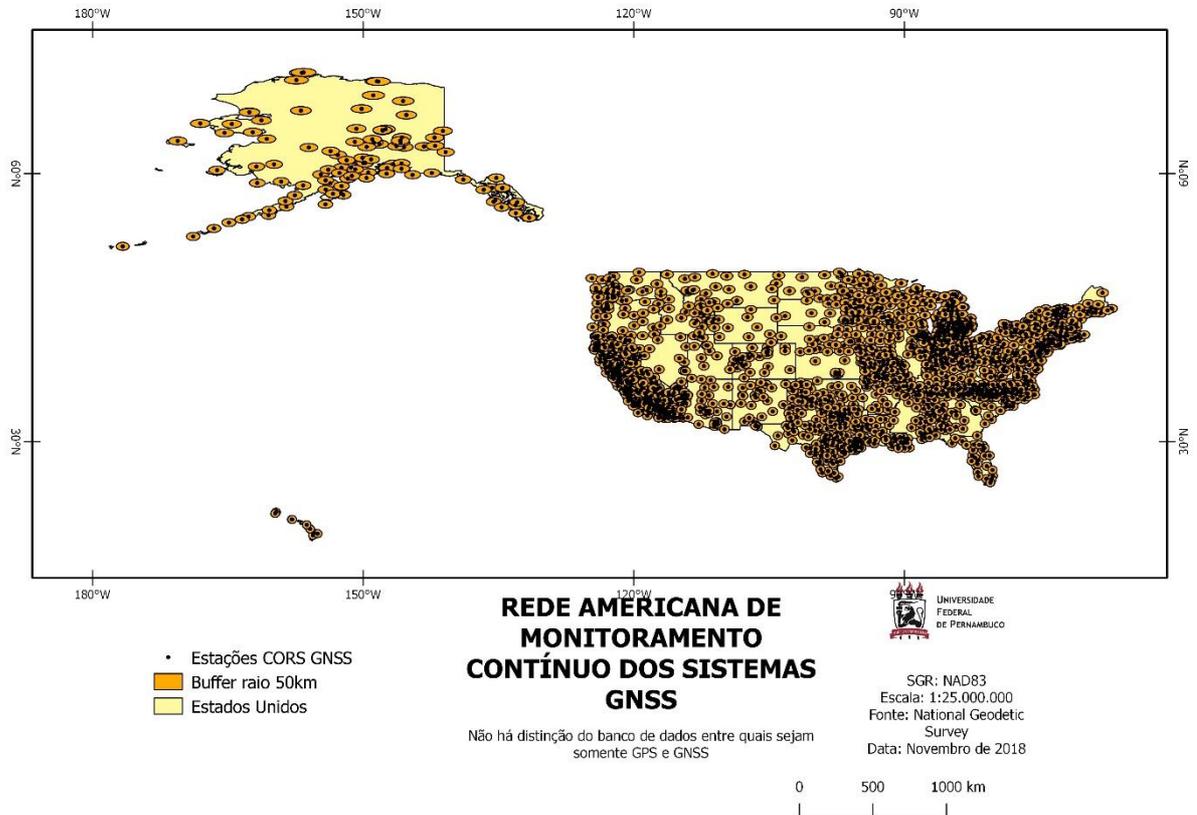


Figura 20: Estações CORS, com Buffer de 50 km

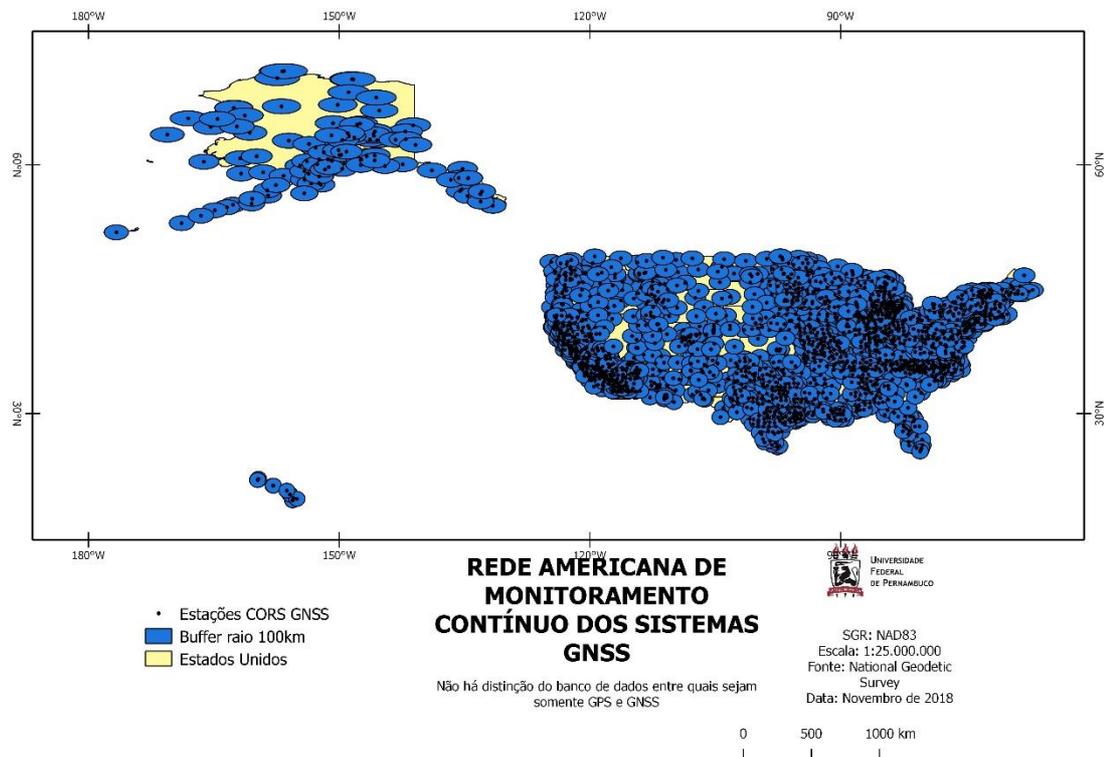


Figura 21: Estações CORS, com Buffer de 100 km

Quando usada a distância de 100 (cem) quilômetros, na figura 21, vê-se o quanto a rede GNSS de operação contínua é densa. Pois com essa distância de raio, praticamente toda a extensão do território americano é coberta por linha de bases geodésica, um feito incrível para o quarto maior país do mundo em extensão territorial. Conforme temos na figura 22.

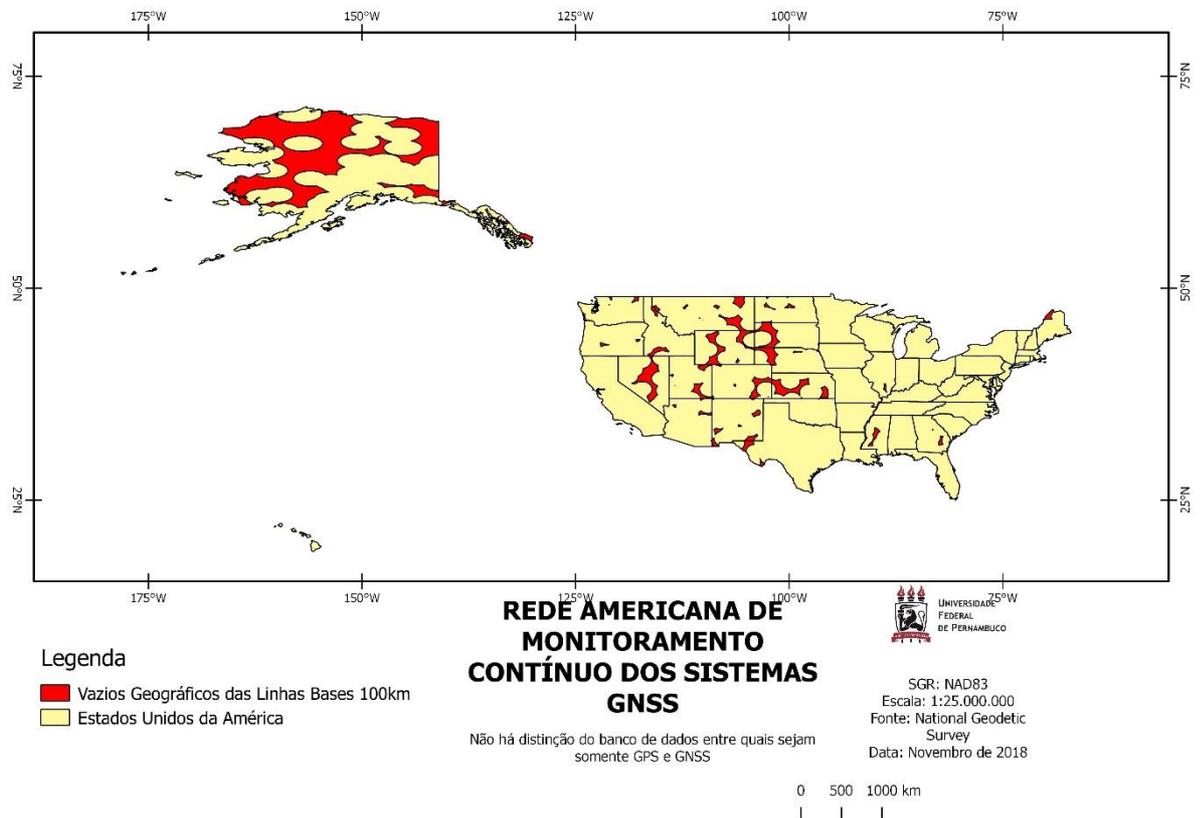


Figura 22: Vazios geográficos. Áreas não cobertas por linhas de base de 100 km

## 5. CONCLUSÕES

A implantação e manutenção de redes geodésicas de referência estaduais ou municipais, essenciais para todos os levantamentos relacionados com o gerenciamento territorial, aplicações em GIS e mapeamento em escalas grandes, são muito dispendiosas. Em regiões onde a infraestrutura geodésico-cartográfica é insuficiente, faz-se necessário o uso do GPS na implantação dessas redes. (ROMÃO; SILVA, 2002)

Como vimos acima, os interiores centrais destes países de grande extensão territorial, é onde mais há a necessidade de implantação de mais estações. E no caso do Brasil que é hoje o maior exportador líquido de produtos agrícolas e detém índices extraordinários de produtividade no campo e apresenta um enorme potencial de expansão da produção (JALES, [s.d.]).

O setor produtor agrícola, o qual possui as maiores extensões de terra, e precisa ter um cadastro territorial muito bem gerido. O controle, e precisão gerados por levantamentos geodésicos precisos, por disponibilidade de estações de monitoramento contínuo é algo fundamental e necessário para o progresso cadastral, produção agrícola, e por fim, econômico nacional.

Temos na Austrália, algo parecido com o Brasil, as estações concentram-se nas regiões com densidade populacional maior, e que são também as regiões de maior produção agrícola nos países. A Austrália concentra a maior parte de suas produções nos estados a Sudeste, New South Wales e Victoria. Enquanto no Oeste tem-se o deserto, e campos de mineração. A partir disto, sabendo que Victoria foi o primeiro estado a estabelecer uma rede CORS. Essas redes agora são consideradas uma infraestrutura de posicionamento para aplicações, incluindo uma variedade de operações de levantamento, bem como orientação de máquinas em mineração e construção, agricultura de precisão, etc. Os sistemas de orientação GNSS e a direção automatizada restringem os movimentos do trator para trilhos de rodas permanentes ano após ano, reduzindo a compactação do solo produzindo maiores rendimentos e menores custos de combustível. (ROBERTS, [s.d.]

Por causa de toda tecnologia advinda das CORS, devido à precisão GNSS, para a agricultura da Austrália, os benefícios são projetados US\$ 1005 - 1357 milhões em 2030, assumindo uma rede CORS nacional padronizada (Allen Consulting Group, 2008). A título de exemplo, o governo de NSW gastará US\$ 7,25 milhões em 5 anos em investimento de capital para o CORSnet NSW (DoL, 2009). Isto basicamente explica o cenário visto no mapa de estações da Austrália.

Nos EUA (Estados Unidos da América), novamente o mesmo dado se repete, os dois estados mais densos de estações, são ambos os dois primeiros mais populosos. Mas em cenário econômico há disparidade, pois, a Califórnia, o estado mais populoso e denso de estações, é principal polo industrial e tecnológico. Enquanto o Texas, foi um estado agropecuário, e atualmente, tem atividades das indústrias petrolífera e aeroespacial, bem como o setor financeiro, que possuem maior importância na economia do Texas.

Abaixo, na Tabela 1, tem-se um simples comparativo em números entre estes três países, e em seguida temos a figura 23, com uma visualização genérica entre os três países.

Tabela 1: Dados numéricos entre Brasil, EUA e Austrália

	<b>Brasil</b>	<b>Austrália</b>	<b>EUA</b>
Área	8.516.000 km <sup>2</sup>	7.692.000 km <sup>2</sup>	9.834.000 km <sup>2</sup>
Nº de estações	Mais de 140	Mais de 450	Mais de 1750
Densidade média de estações (/km <sup>2</sup> )	0.0002005	0.00006329	0.000152
Maior densidade	0.00016554	0.003464222	0.004541285
Menor densidade	0.00000442	0.000009632	0.000023845

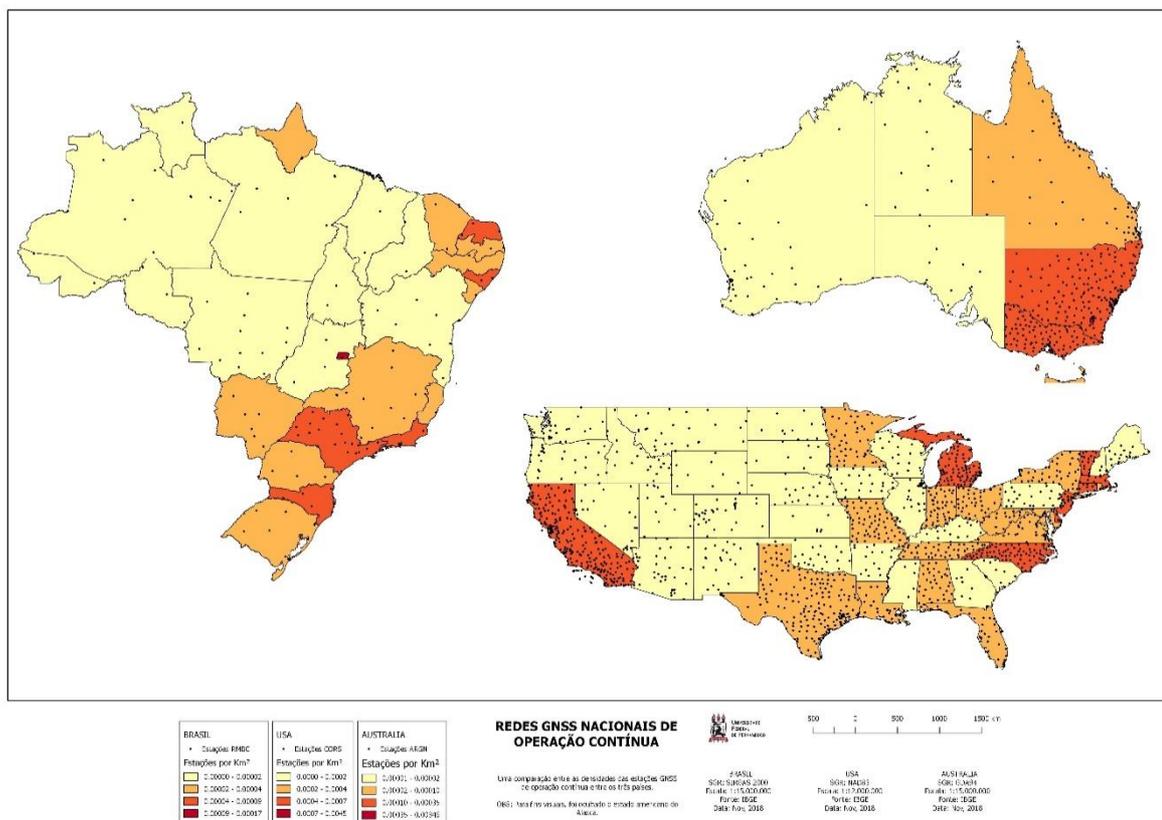


Figura 23: Redes GNSS nacionais de operação contínua.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após uma análise superficial entre os três países aqui apresentados, por compatibilidades entre seus tamanhos, de grande extensão territorial. É interessante pensar em comparações de países desenvolvidos, menores. Os quais corresponderiam aproximadamente as dimensões estaduais destas primeiras nações. Como seria o caso do Japão e Alemanha.

Ambos dispõem de serviços de GNSS bem desenvolvidos. E analisar, em como a dimensão territorial pode influenciar ainda mais sobre a disposição e densidade das bases GNSS de operação contínua. Entre países de dimensões colossais, fatores com economia, indústria e geografia são os maiores segmentadores da distribuição das bases das estações.

Entre as dificuldades encontradas no presente estudo, foram principalmente, a obtenção das coordenadas das estações dos outros países. No caso brasileiro, a portal *web*<sup>8</sup>, é de fácil navegação e obtenção de todos os dados. No site do serviço australiano, foi bem mais complicado. Sendo necessário horas de navegação, até conseguir as coordenadas, por meio de um arquivo de registro. No portal americano, foi de mais fácil acesso que os outros países. Pois, o site direciona a uma plataforma online de SIG, onde pode-se baixar arquivo (.kml) das coordenadas, e este ser aberto diretamente no *software* de geoprocessamento.

Na tentativa de continuação do presente trabalho, foi feito tentativas de obtenção das coordenadas dos serviços Japonês e Alemão. Porém, em nenhum dos dois portais de serviço, são disponibilizadas, publicamente, as coordenadas de suas estações GNSS-CORS.

Utilizou-se os contatos por e-mail, disponibilizados em seus respectivos sites, e entrou-se em contato, solicitando gratuitamente, as coordenadas das suas estações. Ambos responderam. O Japão solicita em resposta, o preenchimento de um formulário, o qual fora enviado, e até o presente dia desta publicação, não houve mais respostas. A Alemanha, responde atenciosamente, preenchendo no corpo do texto do e-mail, as coordenadas das estações. Porém, com uma falha, somente foram informadas as coordenadas das estações presentes na cidade de Berlim. Assim como, as coordenadas não estando presentes em sistema de coordenadas nem geográfico ou UTM.

Aguarda-se melhores contatos e soluções para obtenção das coordenadas de ambos países, para solução da continuação futura proposta deste presente trabalho.

---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>

## REFERÊNCIAS

CALDAS, F. L.; CHAVES, J. C. Determinação do modelo de deformação da rede gnss/sp com base na teoria da elasticidade. **Revista brasileira de cartografia**, v. 67, n. 1, 30 ago. 2014.

IBGE. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS | IBGE :: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16258-rede-brasileira-de-monitoramento-contínuo-dos-sistemas-gnss-rbmc.html?=&t=situacao-operacional> Acesso em: 20 nov. 2018.

IBGE. **Rede brasileira de monitoramento contínuo dos sistemas GNSS 15 anos.** Rio de Janeiro: [s.n.].

JALES, M. **Inserção do Brasil no comércio internacional agrícola e expansão dos fluxos comerciais sul-sul.** [s.d.].

PEREIRA, E.; CHAVES, J. C. Determinação do modelo de deformação da rede gnss/sp com base na teoria da elasticidade. **Boletim de ciências geodésicas**, v. 20, n. 2, 6 jun. 2014.

ROBERTS, C. **Continuously Operating Reference Station (CORS) GNSS networks: a superior infrastructure for precision agriculture.** [s.l: s.n.]. disponível em : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.157.3248&rep=rep1&type=pdf>. acesso em: 3 dez. 2018.

ROMÃO, V. M. C.; SILVA, A. S. Seminário Nacional sobre Mapeamento Sistemático- CREA MG Belo Horizonte 2002 Implantação de redes geodésicas gps nos. **Seminário nacional sobre mapeamento sistemático- CREA MG**, 2002.

SILVA, L. A.; CHUERUBIM, M. L.; PIRES, A. C. G.; GOMES, P. G.; Análise da qualidade geométrica da rede GNSS local da UFU–Campus Santa Mônica. **Revista Eletrônica: Tempo-Técnica-Território/Eletronic Magazine: Time-Technique-Territory**, v. 4, n. 1, 2016.

TIMBÓ, M. A. **Levantamentos através do sistema GPS**, 2000. disponível em : [http://www.csr.ufmg.br/cart01/levantamentogps\\_timbo.pdf](http://www.csr.ufmg.br/cart01/levantamentogps_timbo.pdf). Acesso em: 20 nov. 2018

TRABANCO, J. L. A.; COSTA, D. C.; FRANÇOSO, M. T.; ROCCO, J.; INNOCENTE, E. F.;  
Densificação da rede de referência cadastral do município de Campinas utilizando tecnologia gnss  
(posicionamento por satélite) em apoio as operações geodésicas desenvolvidas no município e  
região. **4º Congresso luso-brasileiro para planejamento urbano, regional, integrado,  
sustentável**, 2010.

## APÊNCIDES

Tabela 2: Cronograma de instalações/desinstalações das estações da RBMC até o out/2011.

Estação	Sigla	UF	Instalação	Desinstalação
Fortaleza	FORT	CE	13/05/93	08/04/06
Brasília	BRAZ	DF	26/05/95	
Curitiba	PARA	PR	13/12/96	07/05/07
Presidente Prudente	UEPP	SP	18/12/96	10/12/05
Bom Jesus da Lapa	BOMJ	BA	18/02/97	
Manaus	MANA	AM	29/04/97	01/12/03
Viçosa	VICO	MG	22/05/97	
Cuiabá	CUIB	MT	18/06/97	
Imperatriz	IMPZ	MA	18/07/97	
Porto Alegre	POAL	RS	28/10/98	
Salvador	SALV	BA	20/05/99	10/08/08
Recife	RECF	PE	06/07/99	
Cananéia	NEIA	SP	21/08/99	
Ubatuba	UBAT	SP	21/08/99	16/11/09
Crato	CRAT	CE	08/05/00	
Governador Valadares	GVAL	MG	18/04/01	
Montes Claros	MCLA	MG	18/04/01	
Uberlândia/UFU	UBER	MG	18/04/01	
Varginha	VARG	MG	18/04/01	08/03/10
Rio de Janeiro	RIOD	RJ	21/07/01	
Santa Maria	SMAR	RS	09/10/01	
Cachoeira Paulista	CHPI	SP	08/05/03	
Belém	BELE	PA	19/11/03	
Macapá	MAPA	AP	22/11/03	
Fortaleza	BRFT	CE	06/09/05	
Porto Velho	POVE	RO	14/10/05	
Manaus	NAUS	AM	25/10/05	
Presidente Prudente	PPT	SP	11/12/05	
Ilha Solteira	ILHA	SP	30/06/06	
São José do Rio Preto	SJRP	SP	15/08/06	
Escola Politécnica da USP	POLI	SP	12/12/06	
Ourinhos	OURI	SP	20/12/06	
Rio Branco	RIOB	AC	21/03/07	
Cruzeiro do Sul	CRUZ	AC	22/03/07	
Observatório Nacional	ONRJ	RJ	31/03/07	
Marabá	MABA	PA	18/04/07	
Salvador (INCRA)	SAVO	BA	24/04/07	
São Gabriel da Cachoeira	SAGA	AM	03/05/07	
Salvador Capitania dos Portos	SSA1	BA	04/05/07	
Curitiba	UFPR	PR	08/05/07	

Imbituba	IMBT	SC	10/05/07
Uberlândia/UFU	MGUB	MG	21/05/07
São Luis	SALU	MA	23/05/07
Boa Vista	BOAV	RR	31/05/07
Vitória	CEFE	ES	24/07/07
Chapecó	SCCH	SC	14/08/07
Arapiraca	ALAR	AL	16/08/07
Lages	SCLA	SC	17/08/07
Eusébio	CEEU	CE	14/09/07
Montes Claros CODEVASF	MGMC	MG	03/10/07
Petrolina	PEPE	PE	05/10/07
Inconfidentes	MGIN	MG	10/10/07
Humaitá	AMHU	AM	15/10/07
Guajará-Mirim	ROGM	RO	19/10/07
Campo Grande	MSCG	MS	29/10/07
Dourados	MSDO	MS	29/10/07
Jataí	GOJA	GO	07/11/07
Gurupi	TOGU	TO	09/11/07
Palmas	TOPL	TO	13/11/07
Colider	MTCO	MT	29/11/07
Ji-Paraná	ROJI	RO	30/11/07
Rosana	ROSA	SP	03/12/07
São Felix do Araguaia	MTSF	MT	04/12/07
Barra do Garças	MTBA	MT	05/12/07
Campina Grande	PBCG	PB	08/12/07
Campos dos Goytacazes	RJCG	RJ	11/12/07
Teixeira de Freitas	BATF	BA	28/05/08
Vitória da Conquista	BAVC	BA	29/05/08
Irecê	BAIR	BA	28/07/08
Natal	RNNA	RN	28/07/08
Santana	APSA	AP	30/07/08
Mossoró	RNMO	RN	01/08/08
Barreiras	BABR	BA	02/08/08
Fortaleza (Porto)	CEFT	CE	13/08/08
Belo Horizonte	MGBH	MG	17/09/08
São Raimundo Nonato	PISR	PI	20/11/08
Colorado D'Oeste	ROCD	RO	25/11/08
Maringá	PRMA	PR	08/12/08
Guarapuava	PRGU	PR	10/12/08
Campinas	SPCA	SP	09/09/09
Araçatuba	SPAR	SP	13/09/09
Ubatuba (marégrafo)	UBA1	SP	16/11/09
Itaituba	PAIT	PA	19/11/09
Altamira	PAAT	PA	24/11/09
Balsas	MABS	MA	25/11/09
Rio Paranaíba	MGRP	MG	14/12/09

Varginha (CEMIG)	MGVA	MG	09/03/10
Vila Bela da Santíssima Trindade	MTVB	MT	22/04/10
Juína	MTJU	MT	26/04/10
Teresina	PITN	PI	06/07/10
Sorriso	MTSR	MT	22/11/10
Canarana	MTCN	MT	25/11/10