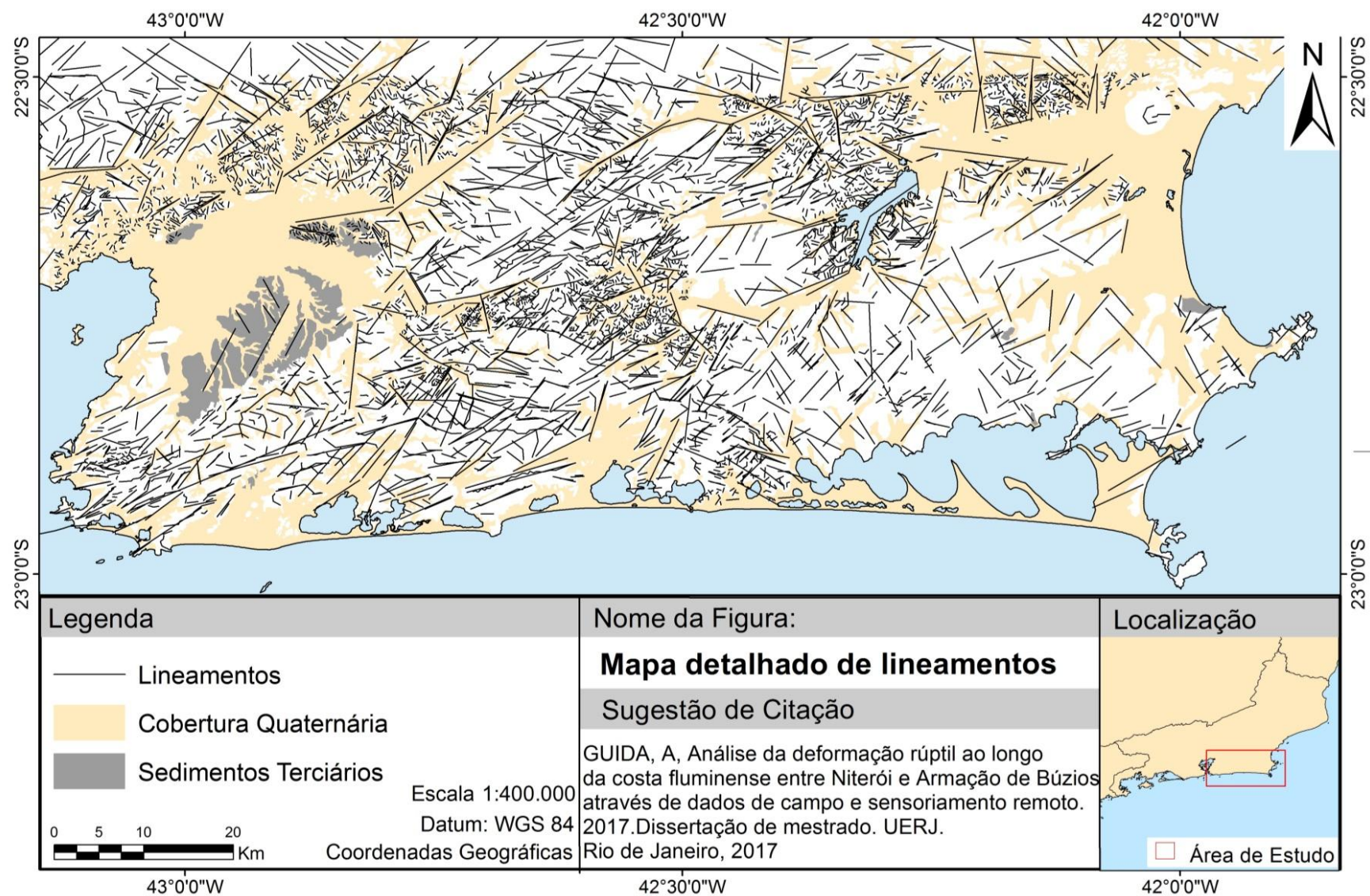
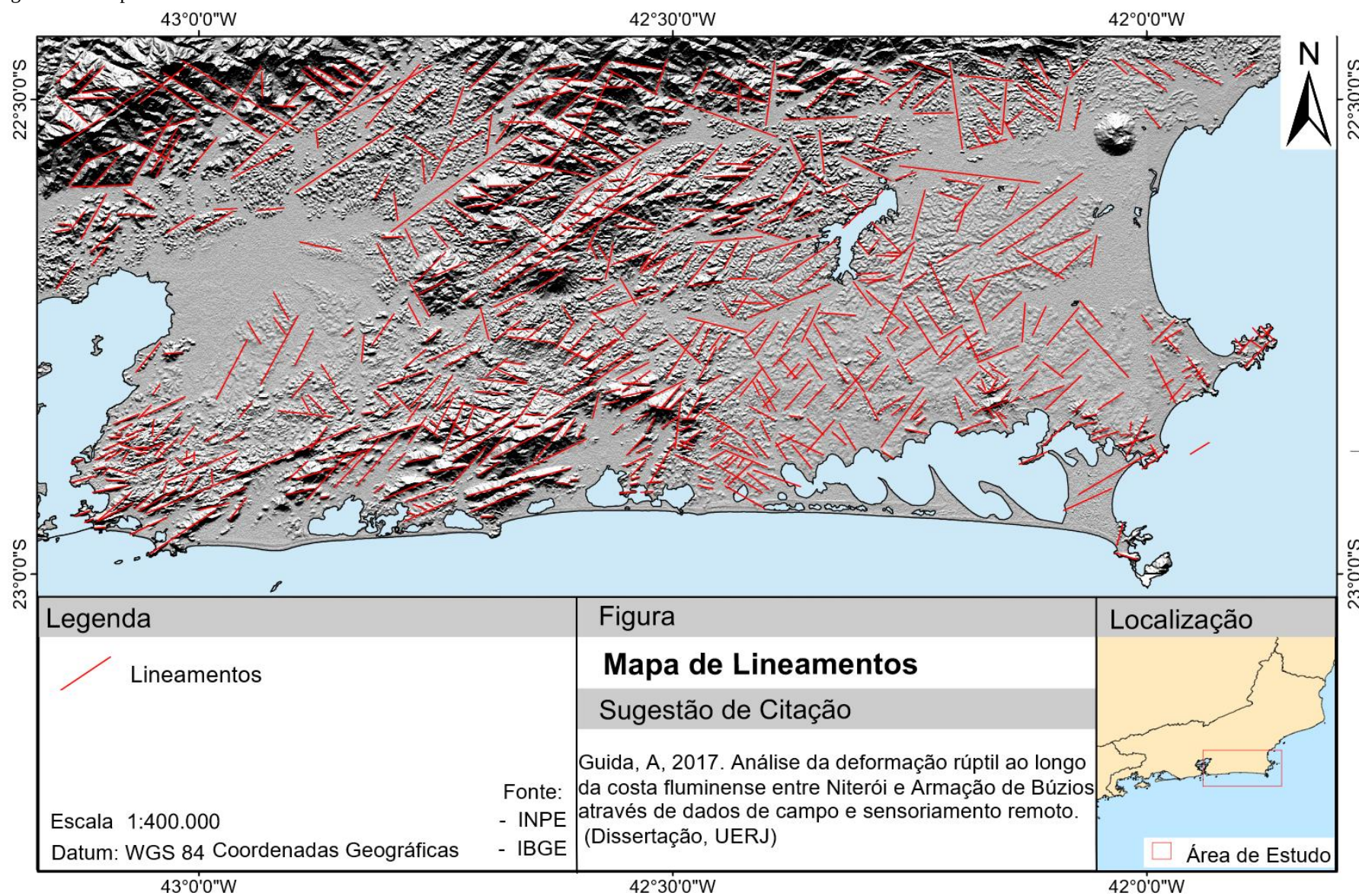


Figura 41 – Mapa detalhado de lineamentos de relevo



Legenda: Mapa de lineamentos de relevo detalhado com cobertura sedimentar cenozoica. Escala de detalhe: 1:25.000. Geologia baseada em Heilbron et al., 2016.
Fonte: A Autora, 201

Figura 42 – Mapa de lineamentos de relevo



Legenda: Mapa de lineamentos extraídos (vermelho) com base em mosaico de imagens de relevo sombreado.
 Fonte: A Autora, 2017.

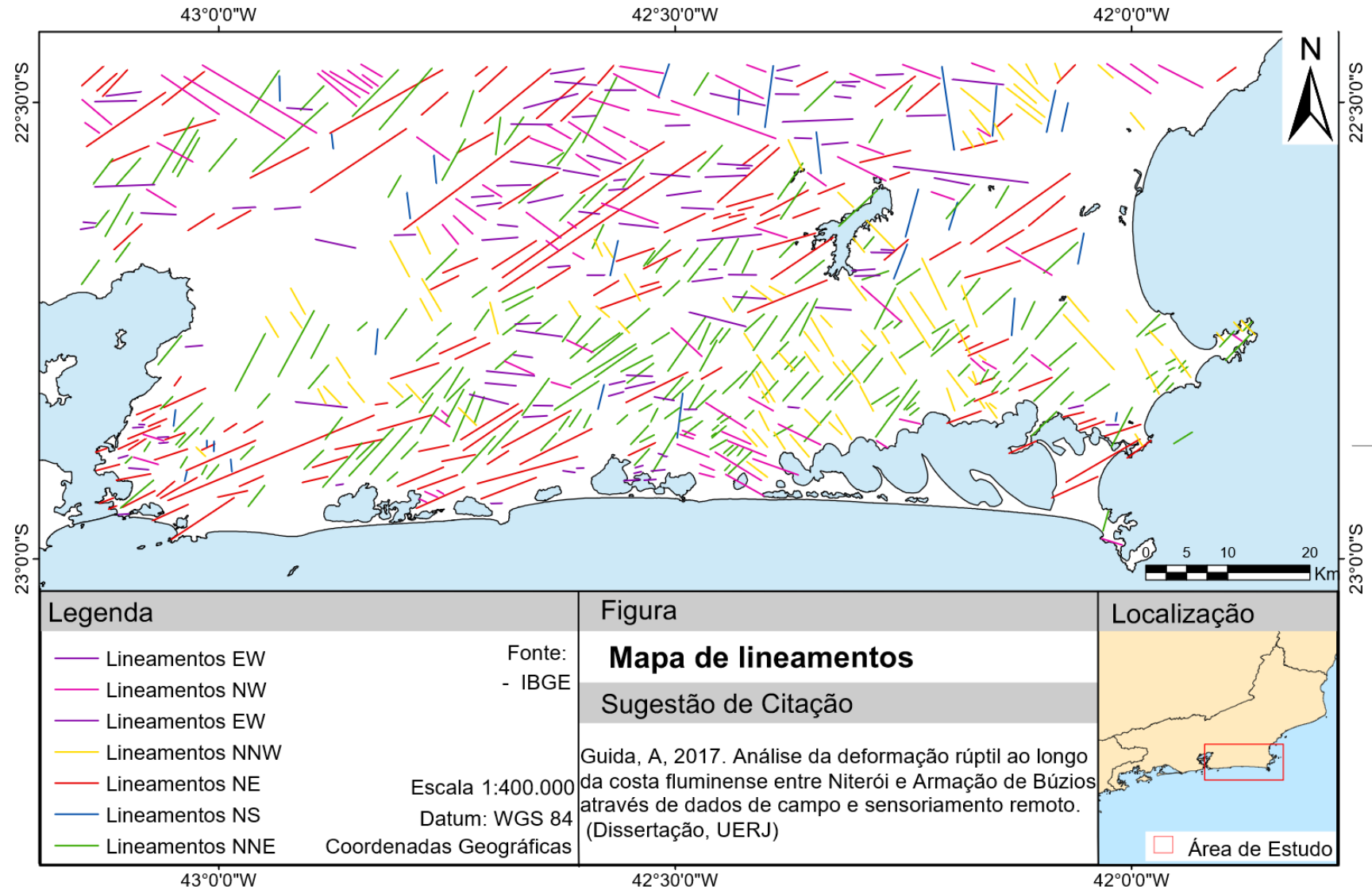
Os lineamentos extraídos do mapa de lineamentos de relevo na escala de detalha 1:50.000 (Figura 42) foram classificados sistematicamente em 6 grupos por orientação: E-W, ENE-WSW, NNE-SSW, N-S, NNW-SSE e WNW-ESE, e a cada grupo foi atribuído uma cor (Figura 43).

O ArcGIS 10.3 disponibiliza um método para a extração de comprimento e direção azimutal de linhas projetadas em ambiente digital, chamado COGO (Apêndice B). Lançando mão desse artifício, foram obtidas as orientações dos lineamentos de relevo extraídos.

O mapa de lineamentos de relevo (Figura 42) ressalta feições lineares em escala regional, incluindo lineamentos que vão de 1km a 30km de comprimento. Destacam-se, em comprimento, as direções N50-70E. Em uma grandeza secundária, há alguns lineamentos com extensões proeminentes nas direções N30-50E e N20-30W. Este último grupo se destaca nas regiões de relevo mais dissecado, especialmente na Serra do Mar.

Em frequência, a direção mais representativa é N30-50E, seguida dos grupos com representatividade secundária: N50-70E, E-W, N30-50W e N50-70W, sendo os lineamentos N-S subordinados.

Figura 43 – Mapa de lineamentos separados por orientação



Legenda: Mapa de lineamentos separados por cor em função de sua orientação. Os lineamentos foram agrupados em N-S (azul); E-W (roxo), NE-SW (vermelho), NNE-SSW (verde), NW-SE (rosa) e NNW-SSE (amarelo).

Fonte: A Autora, 2017.

Seguindo com a comparação das estruturas em cada domínio tectônico, os lineamentos foram agrupados de acordo com seu pertencimento, fundamentado no mapa de compartimentação tectônica (Figura 19). Com os valores azimutais extraídos previamente, e a organização estabelecida, foram elaborados diagramas de roseta de frequência, agrupados em classes de 5°, para uma análise estatística das feições interpretadas e o esclarecimento de relações com as características estruturais de cada terreno.

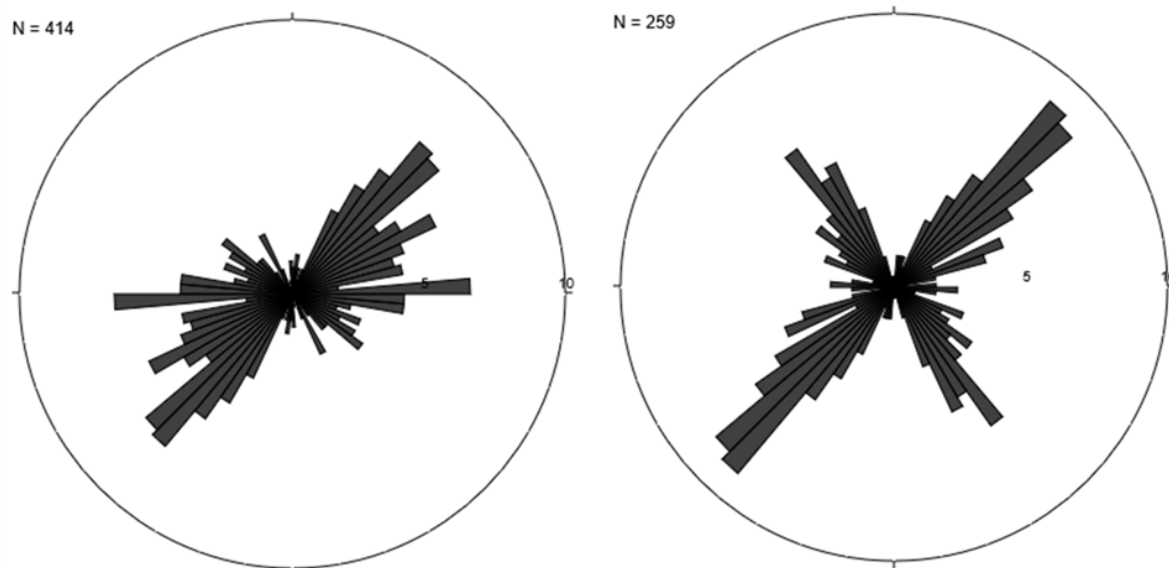
As rosetas de frequência da direção dos lineamentos geradas (Figura 44) deixam clara uma discrepância entre as configurações obtidas para cada terreno. As diferenças geomorfológicas se deixam perceber já em primeira análise, onde o TOr apresenta número bastante maior de lineamentos extraídos (414 feições) quando comparado ao TCF (259 feições). Fato que pode estar relacionado à topografia e a presença de relevos dissecados se dar de maneiras diferentes em cada terreno.

É conveniente notar que a direção NE-SW representa o grupo de orientações mais relevantes em ambos os terrenos, com seus valores máximos em torno de 8% concentrados na pétala entre os 41° e 45°.

Os lineamentos no Terreno Oriental, como já esperado, tem o quadrante nordeste concentrando as orientações preferenciais. O grupo que se destaca, como tratado no parágrafo anterior, tem orientações próximas aos 45°, mas um grupo com orientação em torno de N60°E se faz presente, com uma relevância maior, se comparado ao TCF. A orientação E-W tem uma representação proeminente entre os lineamentos do TOr, com porcentagens em torno dos 7%. O quadrante NW possui pouca expressão entre as feições extraídas do TOr, com dois grupos de ordem secundária (menos de 5%), de orientação WNW-ESE a NW-SE.

O Terreno Cabo Frio, a despeito do grupo mais proeminente NE-SW, possui um grande destaque no quadrante NW. A família de orientação aproximadamente N45°W tem uma representatividade de cerca de 7% entre os lineamentos do TCF. Há ainda, nesse terreno, dois grupos secundários, de orientação ENE-WSW e WNW-ESE. Diferente do TOr, o TCF não possui uma grande saliência associada à direção E-W. Mas, em ambos os terrenos, os lineamentos N-S tem uma representatividade restrita com menos de 3% de frequência.

Figura 44 – Diagramas de roseta de lineamentos organizados por compartimentação tectônica.



Legenda: Diagrama de roseta de frequência de lineamentos do Terreno Oriental (esquerda) Número de medidas: 414. Valor máximo: 7,2% entre 41° e 45°. Roseta de frequência de lineamentos do Terreno Cabo Frio (direita). Numero de medidas: 259. Valor máximo: 8,8% entre 41° e 45°. Pétales das rosetas em setores de 5°.

Nota: Valores máximos (bordas) dos estereogramas definidos em 10% para facilitar a comparação visual.

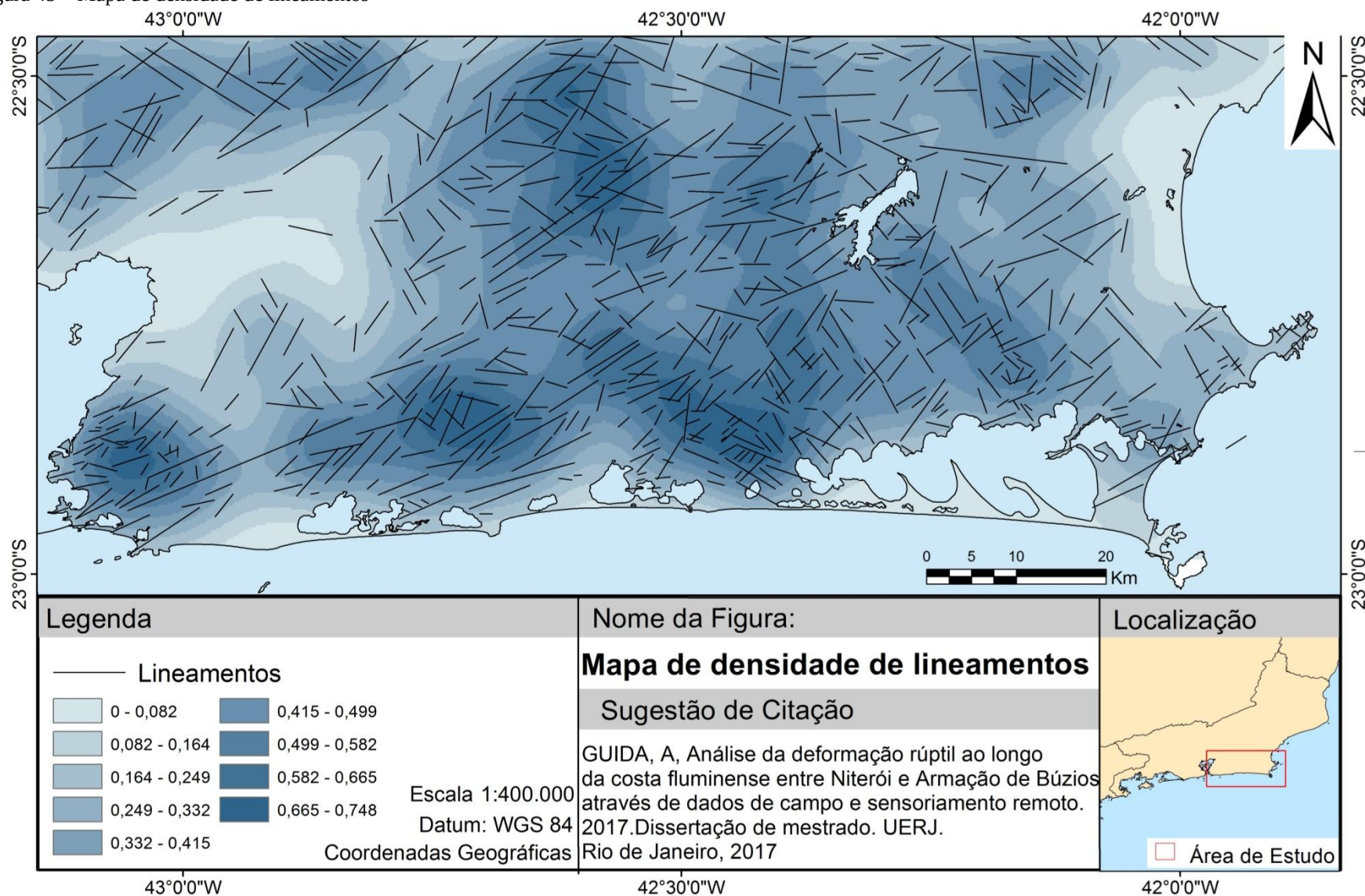
Fonte: A Autora, 2017.

A regionalização sugerida pela análise dos lineamentos levou a um estudo mais detalhado da relação dessas variações com a compartimentação geológica intrínseca à área.

O mapa de lineamentos (Figura 42) deu origem a um mapa de densidade de lineamentos (Figura 45), utilizando um recurso pertencente ao pacote de ferramentas do software ArcGIS. Esse recurso gera mapas de densidade de linhas por área, e os mecanismos empregados pela ferramenta estão esclarecidos no Apêndice B. Adiante, foi gerado um mapa de densidade de lineamentos para cada grupo pré-estabelecido entre os lineamentos baseado em sua orientação (Figuras 46 a 52), a fim de regionalizar a ocorrência deles.

O mapa de densidade de lineamentos de relevo reforça mais uma vez a relação entre a extensa área coberta por sedimentos quaternários e a ausência de lineamentos. Esse fato fica claro na Figura 45, onde a densidade dos lineamentos está expressa em escala de azul. De modo geral, os lineamentos estão bem distribuídos por toda a área de estudo, análises mais específicas para cada direção foram realizadas e revelaram aspectos interessantes na distribuição espacial dos lineamentos.

Figura 45 – Mapa de densidade de lineamentos



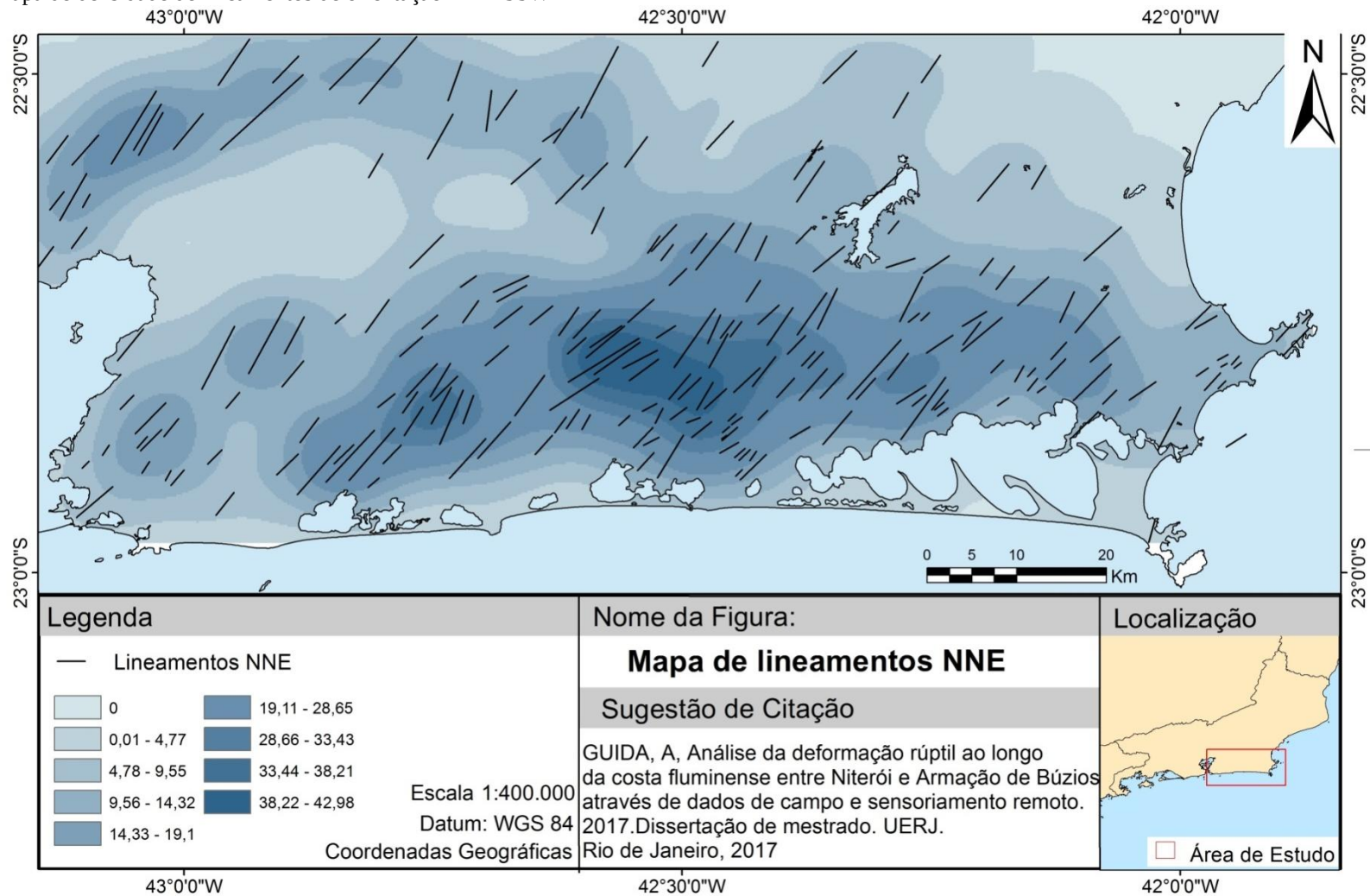
Legenda: Mapa de densidade de lineamentos por área, onde a densidade é expressa em escala de azul. Tons mais escuros são aplicados para maior concentração e tons claros para menor frequência de lineamentos na área. É interessante notar a relação da cobertura sedimentar e as zonas de menor concentração.

Fonte: A Autora, 2017.

Iniciando pela direção mais frequente na região, o mapa de densidade Kernel revela que lineamentos NNE-SSW (Figura 46) têm ocorrência em toda área, perpassando por todas as unidades litológicas presentes. Essa direção se repete sistematicamente, e em diversos pontos controla, associada aos lineamentos E-W, a elongação dos depósitos aluvionares.

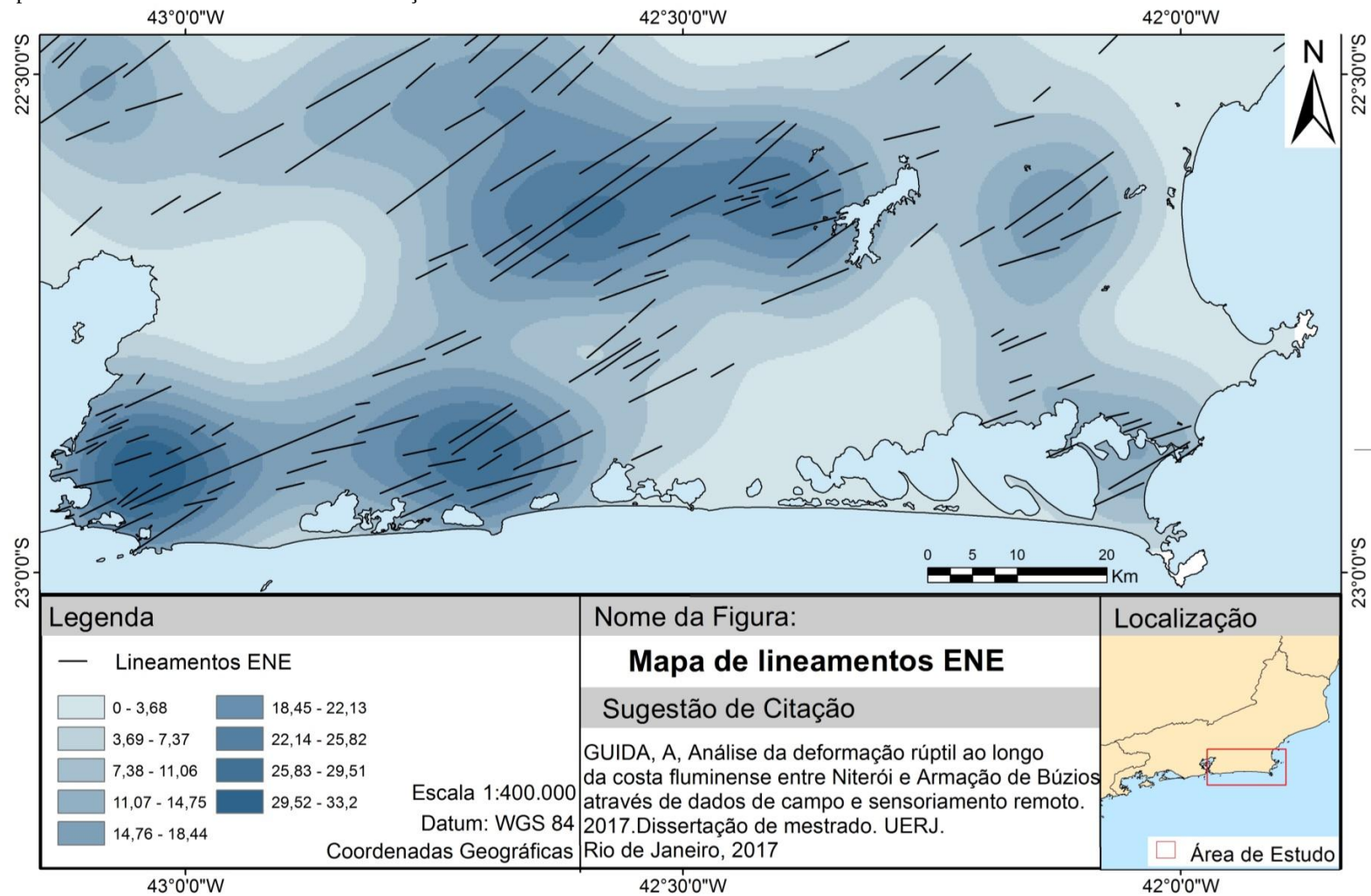
A direção ENE-WSW se destaca tanto em frequência quanto em comprimento dos lineamentos, que podem chegar a algumas dezenas de quilômetros (Figura 47). Há ocorrência em todas as unidades litológicas. No Terreno Oriental, entretanto, os lineamentos se distribuem de maneira mais uniforme. Neste domínio tectônico, a direção controla alinhamentos de vales e cristas nas regiões mais elevadas e atinge especialmente as áreas onde a litologia corresponde aos granitos sin a pós-orogênicos, formando uma zona alongada na mesma direção. Essa zona se estende até o limite tectônico entre os terrenos, nas proximidades da cidade de Silva Jardim. No Terreno Cabo Frio, a direção se concentra em duas regiões. Na porção norte, os lineamentos se concentram alinhados com a zona de lineamentos encontrada no TOr, porém, são marcados pelo controle, em escala secundária, dos depósitos aluvionares. Na região mais a sul, a concentração dos lineamentos ENE-WSW coincide com a presença de diques e brechas tectônicas silicificadas já mapeados (Figura 48), que sustentam relevos positivos de pequena extensão.

Figura 46 – Mapa de densidade de lineamentos de orientação NNE-SSW



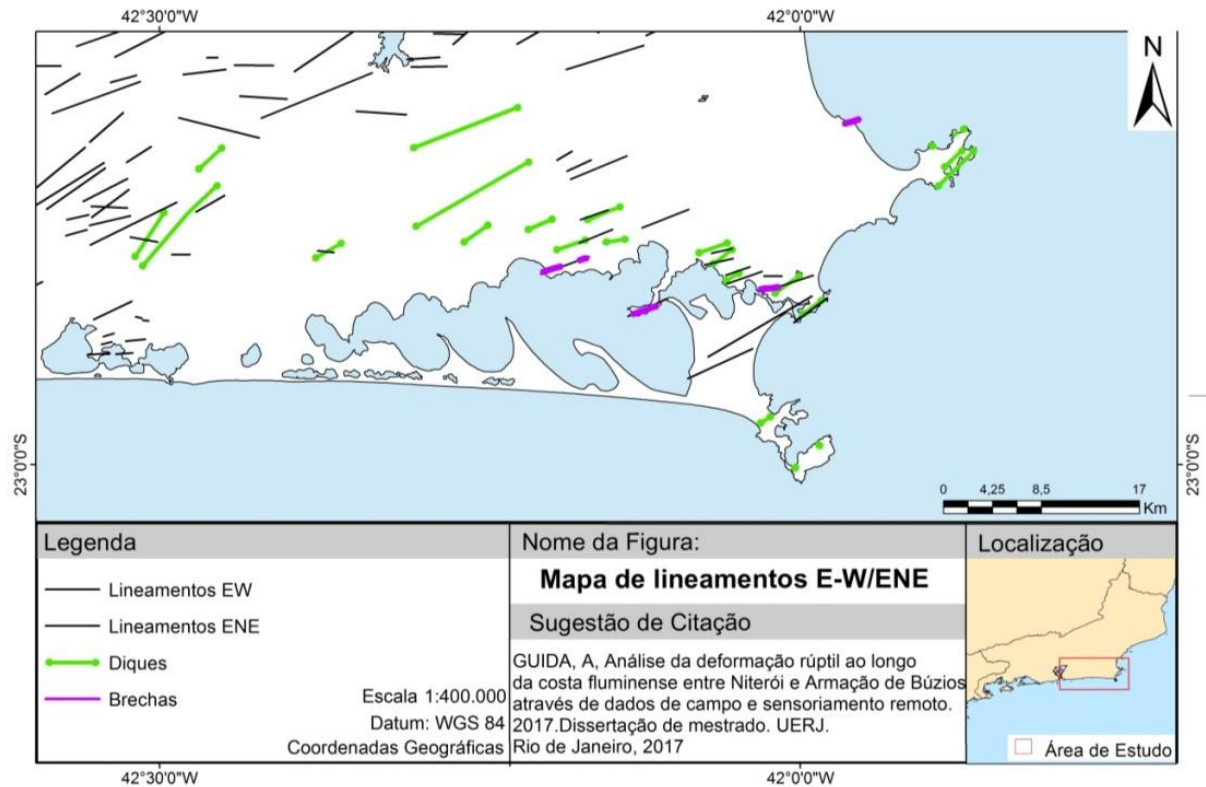
Legenda: Densidade de lineamentos com orientação NNE-SSW, com concentração expressa em escala de azul. Em preto os lineamentos NNE-SSW extraídos na área.
Fonte: A Autora, 2017.

Figura 47 – Mapa de densidade de lineamentos de orientação ENE-WSW



Legenda: Densidade de lineamentos com orientação NE-SW, com concentração expressa em escala de azul. Em preto os lineamentos ENE-WSW extraídos na área.
Fonte: A Autora, 2017.

Figura 48 – Mapa de lineamentos extraídos e falhas e diques mapeados



Legenda: mapa comparativo entre diques e falhas mapeadas e lineamentos ENE-WSW e EW.

Fonte: A Autora, 2017.

Os lineamentos E-W tem uma frequência de ordem secundária, parecida com a dos lineamentos ENE-WSW, no entanto, comparativamente seus comprimentos são inferiores, na ordem de poucos quilômetros (Figura 49). A direção se destaca na região central da área de estudo, e se concentra no TOr. Os lineamentos desse grupo se sobressaem nas regiões de altitudes maiores e, no TOr, formam pequenas cristas. Cerca de 70% de sua ocorrência é representada por relevos positivos. No TCF, por outro lado, a direção aparece associada a depósitos aluvionares e restrita aos arredores das cidades de Silva Jardim e Casimiro de Abreu.

Numa visão mais geral, a disposição dos lineamentos E-W coincide com a faixa de lineamentos alongada na direção ENE-WSW, sugerindo alguma correspondência entre essas direções. Há ainda, neste domínio tectônico, a aparição da mesma direção de forma restrita, nas proximidades de São Pedro da Aldeia, onde a direção ENE-WSW se associa à diques e falhas, corroborando a hipótese de associação (Figura 48).

Os lineamentos NNW-SSE se encontram num grupo de segunda ordem de frequência, e as extensões se limitam a poucos quilômetros, estando em um grupo de segunda ordem no quesito comprimento (Figura 50). Diferente das direções do quadrante NE, essa direção possui uma concentração maior no Terreno Cabo Frio. No TCF, os lineamentos com essa

direção estão distribuídos de maneira mais homogênea nas regiões onde não há cobertura sedimentar. Na região, onde o relevo é mais arrasado, a direção aparece com o alinhamento de cristas segmentadas e de pouca altitude.

No Terreno Oriental, há uma presença secundária que envolve os granitos sintectônicos e os sedimentos terciários associados às Bacias de Macacu e São José de Itaboraí. Nesse terreno, as direções ocorrem ligadas mais a vales do que a cristas no relevo.

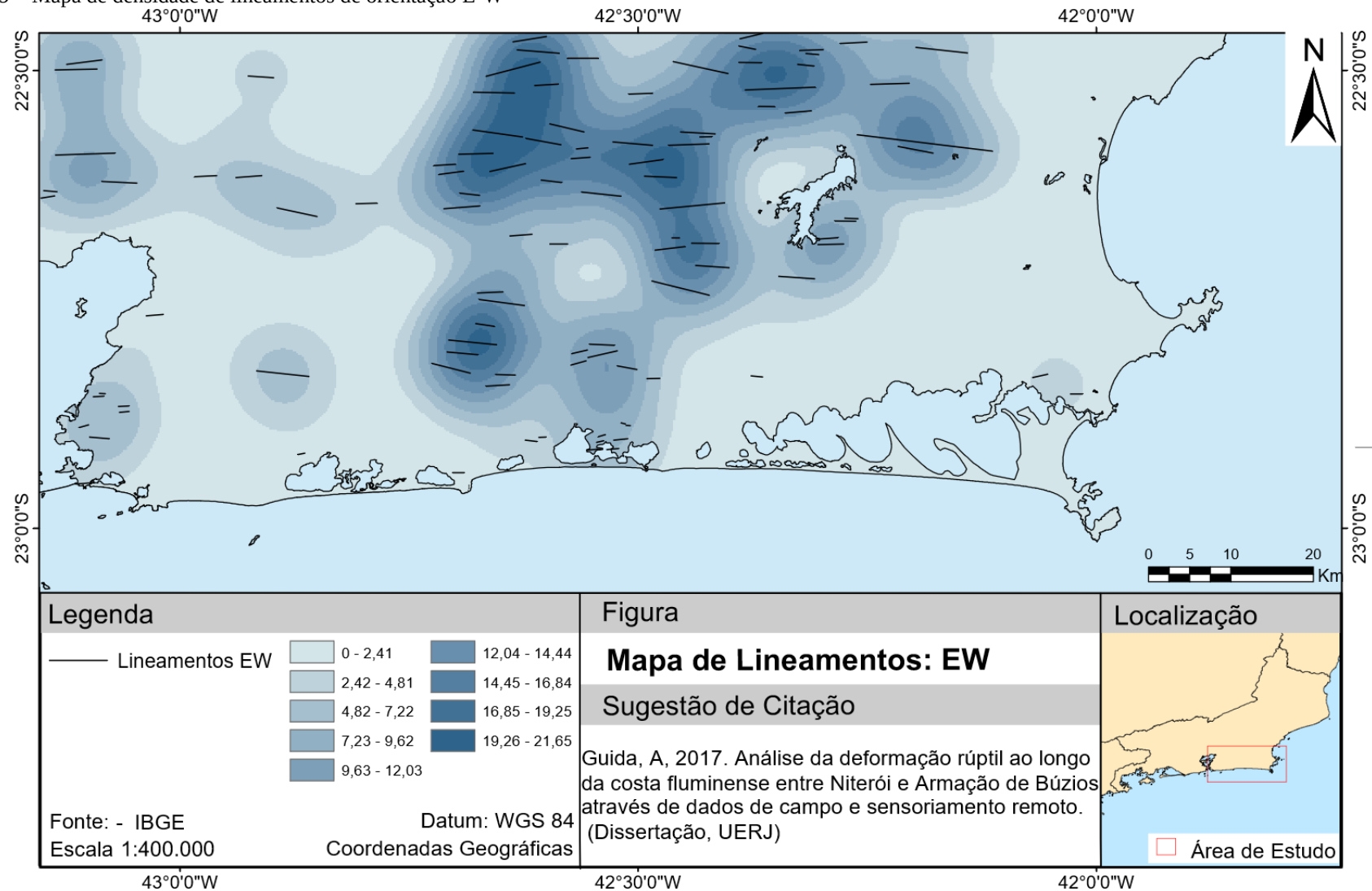
O grupo de orientação WNW-ESE, da mesma forma, se enquadra na grandeza secundária com relação à frequência, mas seus comprimentos são mais variados, indo de poucos quilômetros até mais de uma dezena de quilômetros (Figura 51). Sua distribuição é bastante regular, numa visão mais ampla.

No TOr, os lineamentos com essa orientação se restringem às áreas de relevo com maiores altitudes, aparecendo, em sua maioria, na forma de regiões deprimidas onde se encaixam vales, nas proximidades de Cachoeiras de Macacu e Guapimirim, associados aos paragneisses do Grupo São Fidélis e, especialmente, aos granitos sin-orogênicos.

Já no TCF, a presença destes lineamentos evidencia certa dispersão, porém, com um pico de ocorrência próximo a Saquarema, região da sutura entre os terrenos tectônicos. Nessa região os lineamentos se apresentam a partir do alinhamento de pequenas cristas segmentadas. É interessante notar, nessa região, uma transição entre a concentração dos lineamentos NNW-SSE para uma maior frequência de lineamentos WNW-ESE. Essa transição sugere um vínculo entre a frequência de aparecimento dos lineamentos WNW e a alteração na orientação do contato geológico e geotectônico entre os terrenos.

Os lineamentos N-S possuem extensões na ordem de quilômetros (Figura 52), estando numa categoria de segunda ordem, contudo sua frequência é menor que a encontrada nos outros lineamentos. Os lineamentos estão razoavelmente bem distribuídos na área, representados por vales alinhados, em geral, preenchidos por depósitos aluvionares.

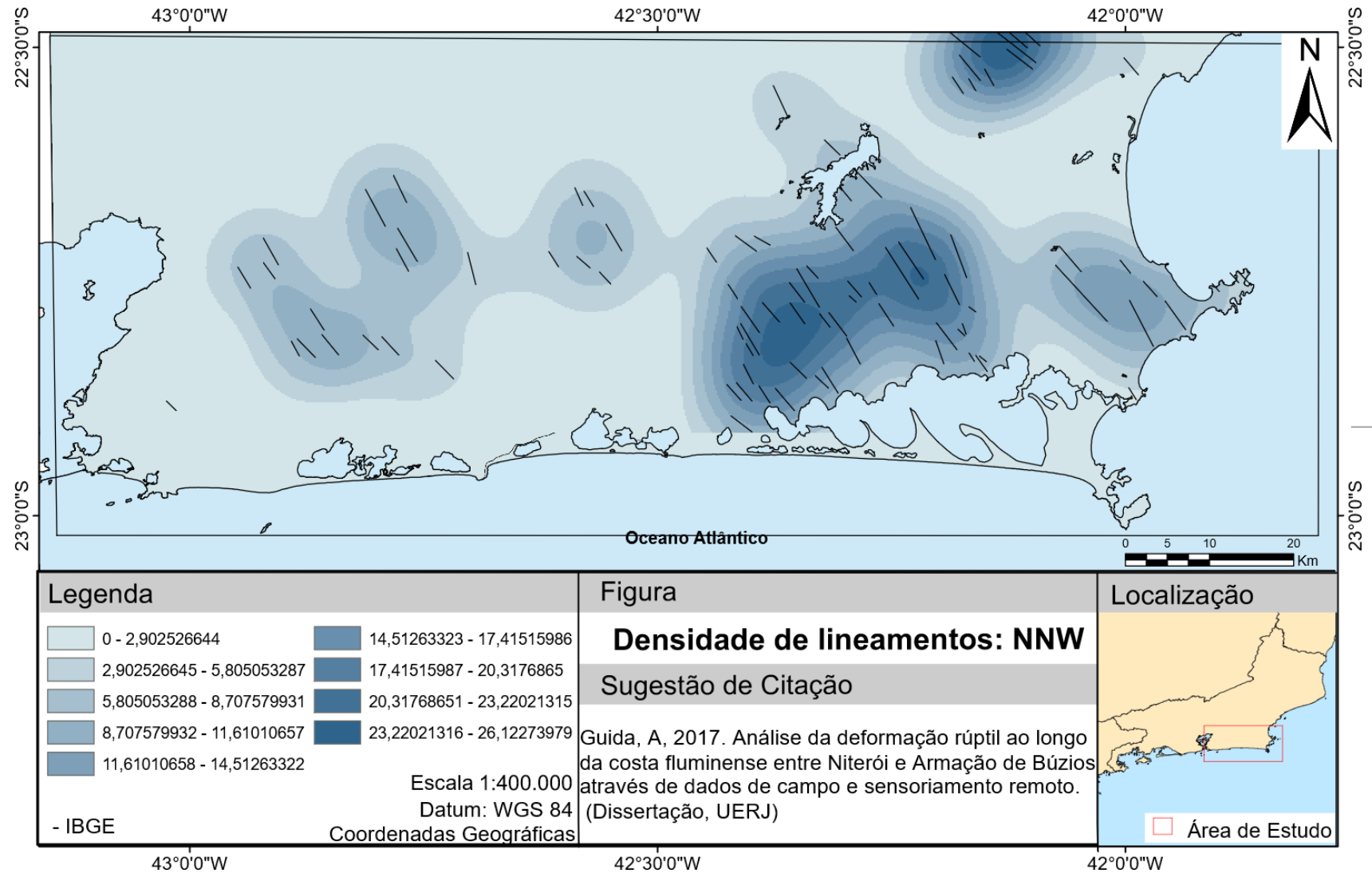
Figura 49 – Mapa de densidade de lineamentos de orientação E-W



Legenda: Densidade de lineamentos com orientação E-W, com concentração expressa em escala de azul. Em preto os lineamentos E-W extraídos na área.

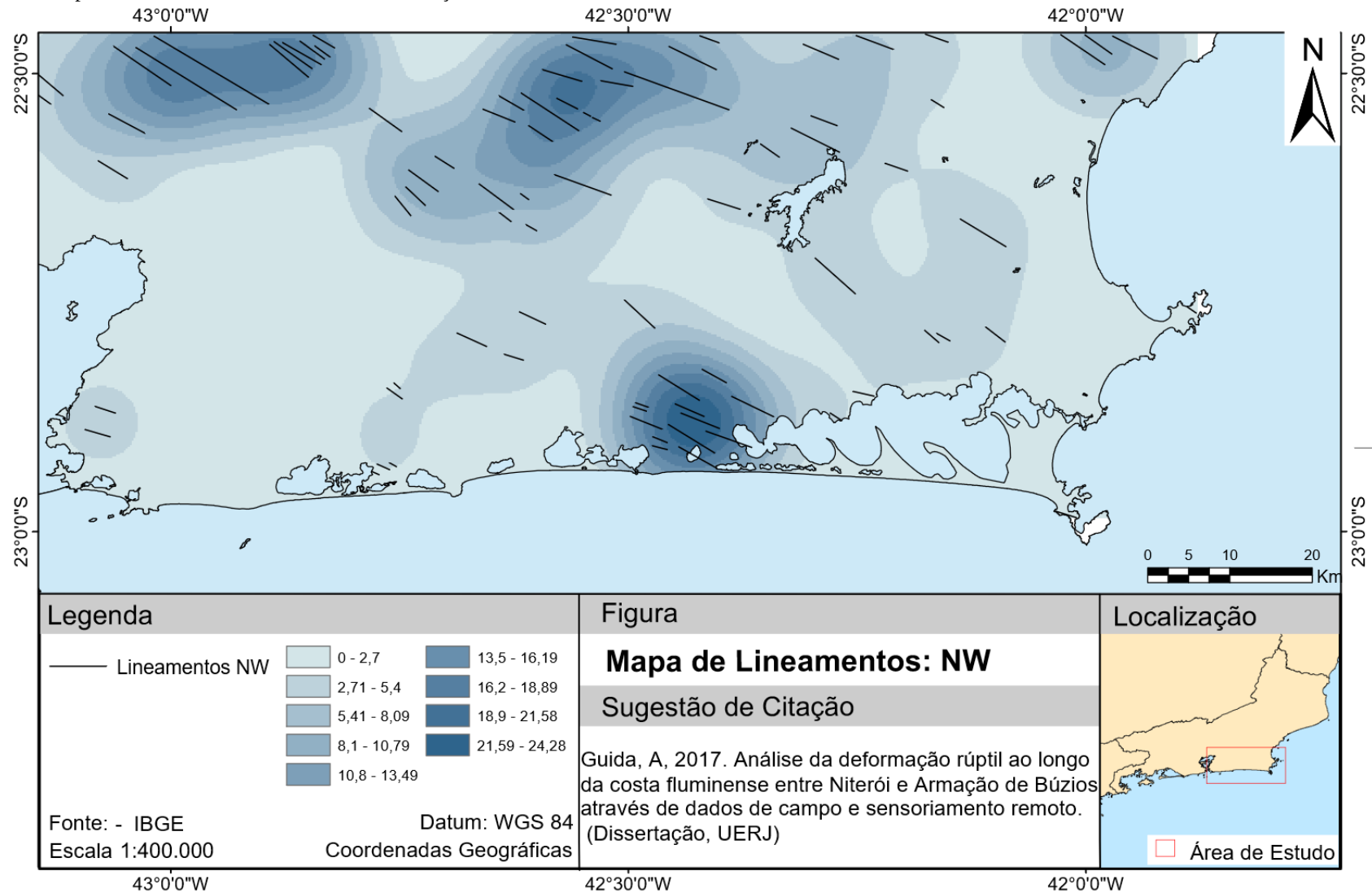
Fonte: A Autora, 2017

Figura 50 – Mapa de densidade de lineamentos de orientação NNW-SSE



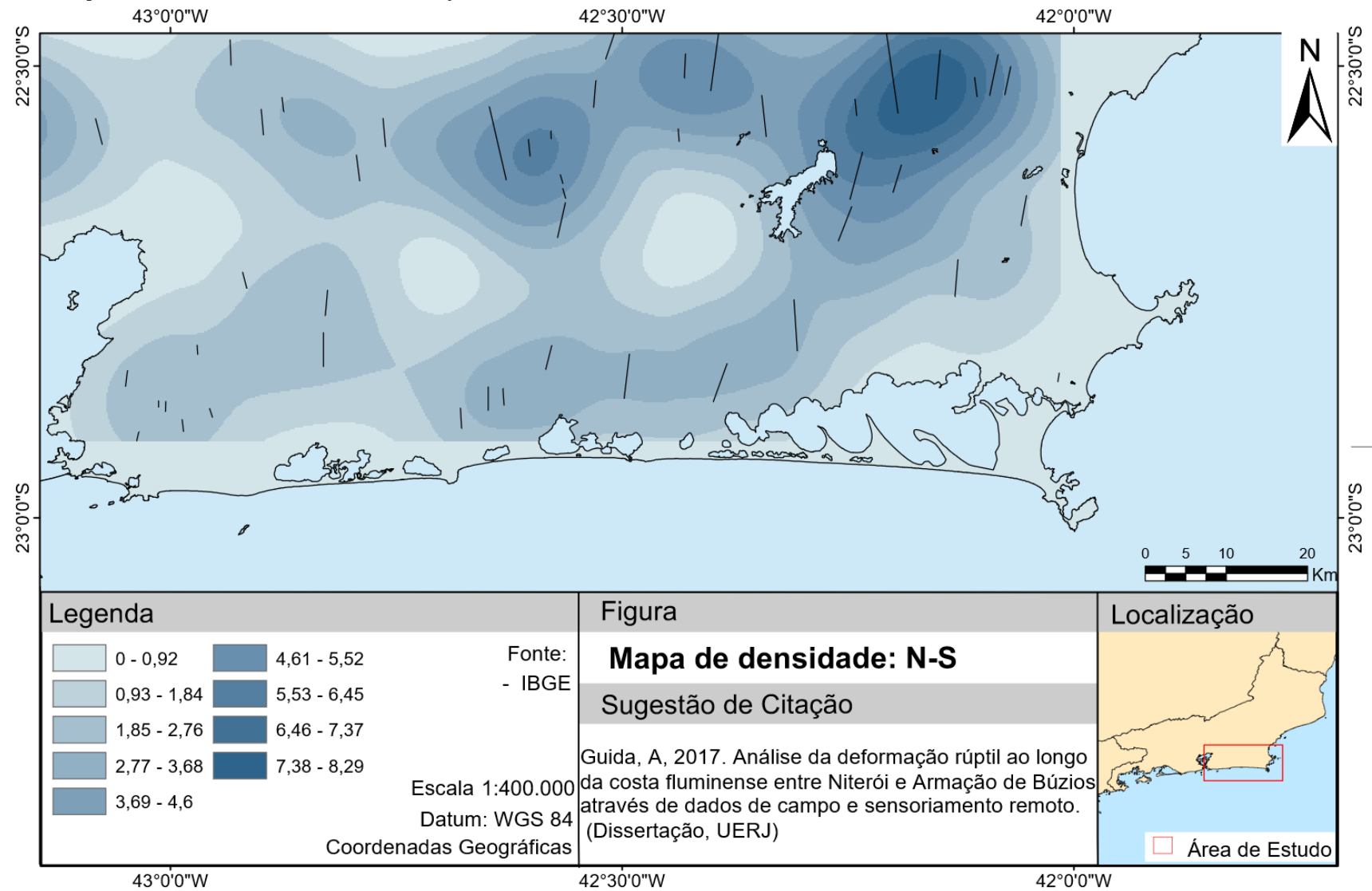
Legenda: Densidade de lineamentos com orientação NNW-SSE, com concentração expressa em escala de azul. Em preto os lineamentos NNW-SSE extraídos na área.
 Fonte: A Autora, 2017.

Figura 51 – Mapa de densidade de lineamentos de orientação WNW-ESE



Legenda: Densidade de lineamentos com orientação NW-SE, com concentração expressa em escala de azul. Em preto os lineamentos NW-SE extraídos na área.
 Fonte: A Autora, 2017.

Figura 52 – Mapa de densidade de lineamentos de orientação N-S



Legenda: Densidade de lineamentos com orientação N-S, com concentração expressa em escala de azul. Em preto os lineamentos N-S extraídos na área.
 Fonte: A Autora, 2017.

Há um ponto de ocorrência concentrada de lineamentos, próximo à cidade de Casimiro de Abreu. É notável nessa região, em termos geológicos, um desvio na orientação da zona de sutura entre os domínios tectônicos, onde os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos são empurrados sobre os paragneisses da Associação Búzios-Palmital, que por sua vez, cavalgam as rochas do TOr.

A distribuição espacial dos lineamentos de relevo em domínios estruturais e tectônicos com características singulares revelou uma associação entre feições geotectônicas e resultados geomorfológicos, levando a necessidade de uma discussão mais aprofundada dessas relações.

O passo seguinte, empregado para esclarecer essa associação, foi uma caracterização das estruturas mapeadas nesta dissertação, a fim de compreender melhor as características estruturais, incluindo cinemática e dinâmica, de cada orientação relevante, e perceber a expressão de cada estrutura para os domínios tectônicos.

5 ANÁLISE ESTRUTURAL, CINEMÁTICA E DINÂMICA DA DEFORMAÇÃO RÚPTIL

Tendo em mente as diferenças geotectônicas e litológicas entre as unidades tectônicas que compõem a área de estudo (Capítulo 3), as estruturas mapeadas foram organizadas, de maneira a possibilitar uma análise comparativa entre elas, relacionando seus condicionantes reológicos e dinâmicos. A partir dessa análise, que incluiu, quando possível, cronologia relativa, cinemática, preenchimento e, principalmente, a geometria das feições planares rúpteis e sua cinemática, as estruturas foram organizadas em grupos com características semelhantes. Em seguida, foi gerada uma tabela com uma proposição da evolução da deformação rúptil para os grupos de falhas identificados.

Após estabelecidos os grupos, foi gerada uma equiparação entre as estruturas mapeadas e as estruturas compiladas. A correlação foi calcada na correspondência geométrica entre as estruturas. A extrapolação das características dos grupos definidos para um espaço amostral maior possibilita uma comparação entre os dados de cada terreno tectônico.

A frequência das orientações caracterizadas em cada terreno faz uma alusão à relevância da expressão de cada estrutura em cada terreno, dados os condicionantes diversos já discutidos entre os dois domínios tectônicos.

As estruturas mapeadas foram agrupadas levando em conta suas principais características, como preenchimento, rocha encaixante, orientação e sentido de movimento descritos durante o mapeamento. Os campos de esforços atuantes à época de formação de cada grupo foram estimados. O *software* usado nessa abordagem do trabalho foi o TENSOR, usando seus recursos para a estimativa dos paleoesforços a partir do método dos diedros retos (Figura 83, Apêndice A).

Os 7 grupos definidos são melhor caracterizados a seguir.