



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

RAFAEL JUCÁ SANCHO NOGUEIRA

**REGISTRO E TRATAMENTO DE DADOS GEOREFERENCIADOS SOBRE
FALHAS NO SISTEMA ELÉTRICO NO CEARÁ**

**FORTALEZA
2020**

RAFAEL JUCÁ SANCHO NOGUEIRA

**REGISTRO E TRATAMENTO DE DADOS GEOREFERENCIADOS SOBRE
FALHAS NO SISTEMA ELÉTRICO NO CEARÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Antunes Cunha Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante

**FORTALEZA
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N715r Nogueira, Rafael Jucá Sancho.
Registro e tratamento de dados georeferenciados sobre falhas no sistema elétrico no Ceará / Rafael Jucá Sancho Nogueira. – 2020.
72 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Henrique Antunes Cunha Júnior.

Coorientação: Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante.

1. Qualidade de energia. 2. Análise socioeconômica. 3. Interpretação de dados. 4. Análise de correlação. 5. Georreferenciamento. I. Título.

CDD 621.3

RAFAEL JUCÁ SANCHO NOGUEIRA

**REGISTRO E TRATAMENTO DE DADOS GEOREFERENCIADOS SOBRE
FALHAS NO SISTEMA ELÉTRICO NO CEARÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Henrique Antunes Cunha Júnior (Orientador)

Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante (Coorientador)

Prof. M.Sc. Carlos Gustavo Castelo Branco (UFC)

M.Sc. André Luís Estevão Valentim

Eng. Leonardo Marques de Oliveira Garcia

DEDICATÓRIA

Dedico este à minha amada Mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha adorada Universidade Federal do Ceará, meu segundo, se não primeiro, lar por todos esses anos.

Aos milhões de trabalhadores que pagaram pelos meus estudos, nesta Universidade. Em nosso país, os formados em instituições públicas não podem esquecer de serem gratos aos menos privilegiados, que mal podem arcar com as próprias necessidades, mas sustentam nossas preciosas universidades.

A André Luiz Moreira Rolim, em nome de todos os companheiros da ORNR02 e dos demais setores da empresa. Com vocês, aprendi não só a ser um melhor profissional, mas uma pessoa melhor. Tenho orgulho de ter trabalhado com pessoas que conquistaram tanto a minha admiração quanto o meu afeto.

Ao Sr. José Carlos Torres G. Jr., em nome dos servidores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Sua disponibilidade e boa vontade no atendimento e esclarecimento de dúvidas são um exemplo para o funcionalismo público.

A Francisco das Chagas, o nosso querido Chiquinho, em nome dos servidores e terceirizados da Universidade Federal do Ceará. Vocês são o motor que verdadeiramente move a nossa Escola. Eu gostaria de ver, em todos os ocupantes de postos mais valorizados da Universidade, o carinho que o Chiquinho demonstra pela nossa UFC.

Ao Professor Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante, em nome dos professores da Universidade Federal do Ceará. Mais que professores e modelos profissionais, vocês foram nossos conselheiros, ouvidos, até amigos. Vocês são parte importante da lembrança, tão carinhosa, das histórias da Elétrica, que trago no meu coração.

A Aloísio Fernandes Dias, em nome de todos os companheiros de estudos. Arrimos, nos momentos de desesperos, nas enumeras noites varadas, nos grupos de estudos que duravam dias inteiros, onde quase se ria tanto quanto estudava, lutando, até o final, por cada crédito e nos unindo para além dos resultados.

Ao meu Orientador, professor Henrique Antunes Cunha Júnior e ao demais membros da banca. Esta banca não foi escolhida por acaso ou conveniência. Cada um, em momentos e de formas diferentes, foi grande inspiração para mim. É emocionante tê-los comigo, neste último degrau da faculdade.

Aos meus amigos Amanda e Nabel, que nunca me deixam desistir e nunca perdem a ternura.

À Minha Mãe, em nome da minha família tão amorosa, tão carinhosa e que tanto, tanto, tanto ansiaram pela entrega deste trabalho.

E, a quem foi o meu apoio nas horas difíceis e o meu sorriso nas boas, ao meu amor, Rochelle Silveira Lima.

EPÍGRAFE

“Percebo que não preciso de respostas para prosseguir. Preciso de perguntas”.

Samuel Rawet

RESUMO

Com a evolução da eletrônica digital, da computação e dos meios de comunicação, durante as últimas décadas, a automação apresentou um crescimento vertiginoso. O sensoriamento remoto, inerente ao processo de automatização, descortinou um universo ainda pouco explorado de possibilidades de análises dos mais diversos sistemas. Hoje em dia, não raro, dezenas ou centenas de grandezas são monitoradas, em tempo real, em um único conjunto de equipamentos, e os registros dessas variáveis permanecem armazenados até serem sobrescritos. Diante desse quadro o presente trabalho desenvolve sua pesquisa através dos dados de Qualidade de Energia de um grupo específico desses sistemas, estações rádio base privadas distribuídas no Estado do Ceará. O estudo teve como principal fonte, registros acumulados entre fevereiro e junho de 2016, das saídas de sensores de tensão e corrente elétrica associados à energia fornecida pela concessionária, em baixa tensão, para tais estações. Munido destes dados obtidos e da base de dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, ambas as bases georreferenciadas, buscou-se: O entendimento das variações no tempo e no espaço das falhas registradas; A expansão desta gnose através da análise de suas correlação com variáveis socioeconômicas e a expressão gráfica dos resultados. Objetivando, como resultado final, a obtenção de gráficos e mapas como produto. Os produtos gerados, exitosamente, expressão com clareza e agilidade as análises realizadas.

Palavras-chave: Qualidade de Energia, Socioeconômico, Interpretação de Dados, Análise de Correlação e Georreferenciamento.

ABSTRACT

With the evolution of digital electronics, computing and the media, over the past few decades, automation has presented a dizzying growth. Remote sensing, inherent to the automation process, revealed a universe that has not yet been explored with the possibilities of analyzing the most diverse systems. Nowadays, dozens or hundreds of quantities are often monitored, in real time, on a single set of equipment, and the records of these variables remain stored until they are overwritten. In view of this situation, the present work develops its research through the Energy Quality data of a specific group of these systems, private base radio stations distributed in the State of Ceará. The study had as its main source, records accumulated between February and June 2016, of the voltage and electrical current sensor outputs associated with the energy supplied by the concessionaire, at low voltage, for such stations. Armed with these obtained data and the database of the 2010 Demographic Census of IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics, both georeferenced bases, we sought: Understanding the variations in time and space of the registered failures; The expansion of this gnosis through the analysis of its correlation with socioeconomic variables and the graphic expression of the results. Aiming, as a final result, to obtain graphs and maps as a product. The products generated successfully express the analyzes performed with clarity and agility.

Keywords: Energy Quality, Socioeconomic, Data Interpretation, Correlation Analysis and Georeferencing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1.Justificativa do tema.....	11
1.2.Objetivo Geral.....	12
1.3.Objetivo Específicos.....	12
1.4.Metodologia.....	12
2. DEFINIÇÕES.....	15
3. TRATAMENTO DA BASE DE DADOS.....	20
4. ANÁLISE DAS FALHAS NO TEMPO E NO ESPAÇO.....	27
5. CORRELAÇÃO A DADOS SOCIOECONÔMICOS.....	67
6. CONCLUSÃO.....	73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

1. Introdução

Neste milênio, tornou-se evidente o caráter determinante da disponibilidade de energia elétrica para o desenvolvimento de nossas atividades produtivas e cotidianas. Ao passo em que essa dependência cresceu, cresceu também o impacto da qualidade com a qual a energia elétrica é fornecida. Trabalhar sem conexão à internet, por exemplo, já não é mais tão simples. Mesmo o lazer e o conforto estão, a cada dia, mais associados ao uso de dispositivos elétricos e eletrônicos e de suas conexões. Assim, cresceram o impacto e os prejuízos causados por breves interrupções nos funcionamentos dos equipamentos, interrupções quais, antes, passavam despercebidas à maioria dos consumidores finais.

De acordo com o *Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE* (1992), Qualidade de Energia (*power quality*) “é o conceito de energizar equipamentos eletrônicos sensíveis, da maneira apropriada à operação desses equipamentos”. Portanto, a análise da Qualidade de Energia cresce em importância como forma de entendimento do cenário supracitado.

Há vários tipos de distúrbios elétricos que afetam a Qualidade de Energia e cujos monitoramentos e interpretações embasam o entendimento da qualidade analisada. Este trabalho se foca em oscilações de tensão na energia comercial, fornecida a unidades consumidoras atendidas pela rede distribuição em baixa tensão da concessionária Enel, no estado do Ceará. Os dados trabalhados são oriundos do sistema de gerência de alarmes de uma empresa privada, a qual não atua ativamente no mercado de energia.

A Qualidade da Energia fornecida a esta empresa é decisiva para o desempenho dos serviços prestados aos seus clientes, assim, a mesma monitora, em tempo real, diversos sensores implementados logo após o ponto de entrega, em cada uma de suas unidades automatizadas. Mediante a assinatura de um termo de compromisso relativo à não identificação da referida empresa, bem como à não divulgação de nenhuma das marcas registradas associadas, foi liberado, para fins educacionais, acesso aos registros dos alarmes externados por 612 de suas unidades, para oscilações ocorridas entre janeiro e julho de 2016.

- **Justificativa**

A maior relevância deste trabalho revela-se pela evidenciação da possibilidade do uso de dados de fontes independentes e confiáveis, assim como de ferramentas pouco comuns neste tipo de específico de estudo, para a análise de Qualidade de Energia. Para pesquisadores da

área, as fontes de dados relativos à Qualidade de Energia em tamanha escala são bastante limitadas. Estes dados costumam ser obtidos através de entes interessados, sejam governamentais ou participantes ativos do mercado de energia. Esta demonstração do uso de um amplo banco de dados, com alta confiabilidade, oriundo de partes isentas, expõe que há, sim, novas fontes, caminhos e ferramentas a serem explorados.

- **Objetivo Geral**

Avaliar temporal e espacialmente falhas na energia comercial, registradas no estado do Ceará, e interpretar as suas correlações com variáveis socioeconômicas das respectivas localidades.

- **Objetivos Específicos**

- Obter alarmes relativos ao fornecimento de energia comercial.
- Consolidar o conjunto dos alarmes.
- Obter dados dos setores censitários do IBGE.
- Gerar as tabelas de Alarmes x Setor Censitário
- Elaborar e analisar os gráficos de distribuição temporal e espacial das falhas.
- Compor e avaliar as tabelas de correlações entre variáveis socioeconômicas e alarmes.
- Montar os mapas pertinentes às conclusões.

- **Metodologia**

O presente trabalho tem sua metodologia segmentada em referenciais teóricos e referenciais práticos. Iniciaremos este item discorrendo acerca dos referenciais teóricos.

Como este estudo discorre sobre Distribuição de Energia, no âmbito da Qualidade de Energia, fundamenta seus conceitos teóricos das referidas áreas nas publicações de referência o: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica - Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL – 2018, e o: *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic*

Equipmentin IEEE – 2005. O Módulo 8 do PRODIST é o fundamento para a regulação do mercado de distribuição nacional. A verificação dos conceitos no *Emerald Book*, publicação de referência do IEEE – *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, garantiu que os termos das descrições dos alarmes, originalmente em inglês, fossem corretamente traduzidos. Para o entendimento e uso dos dados georreferenciados do Censo de 2010, fonte dos limites e variáveis dos setores censitários utilizados, valeu-se dos: Base de informações do Censo - Demográfico 2010 e Sinopse do Censo Demográfico 2010, publicações de 2011, desenvolvidas para este fim pelo IBGE. Para a fundamentação dos métodos estatísticos empregados nas análises, recorreu-se ao livro Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros, dos autores Montgomery e Runger, (2003), base da disciplina de Estatística para Engenharia cursada neste departamento, sendo incontestemente evidenciador da aplicabilidade e importância do estudo do Coeficiente de Correlação de Pearson para a pesquisa em Engenharia. Além desta bibliografia principal, diversos artigos e outras publicações correlatas foram consultados, a fim de se refinar o entendimento e a metodologia.

Estabelecida a fundamentação teórica, discorreremos sobre os aspectos práticos da metodologia:

1. Realizou-se uma série de entrevistas com o Engenheiro Eletricista Leonardo Marques de Oliveira Garcia, funcionário da empresa cedente dos dados de alarmes objetivados. Leonardo elucidou inúmeras características de tais dados e participou da elaboração dos *scripts* necessários para a exportação dos dados do sistema de gerência no qual eram registrados, bem como do próprio processo de exportação.
2. Entrevistou-se José Carlos Torres G. Jr, Supervisor SBT-UE/CE, servidor do IBGE responsável pelos dados de Setores Censitários deste órgão, para o Ceará. José Carlos orientou sobre onde e como efetuar o *download* do banco de dados do censo de 2010 e de suas respectivas bibliografias, como consultar e interpretar tais bibliografias e como utilizar os dados.
3. Obtidos os alarmes referentes a um período de aproximadamente seis meses, tratou-se tal conjunto para a eliminação de registros com erros ou impertinentes ao estudo, logrando-se, assim, um consolidado pronto para o uso.
4. Dispondo-se dos dados georreferenciados das falhas de fornecimento de energia, concatenados do consolidado dos alarmes e dos dados socioeconômicos, montou-se um conjunto de tabelas integrando-os. Possibilitando, logo, as comparações e análises efetuados, a assim como elaboração dos gráficos e mapas pretendidos.

5. Elaborou-se o conjunto de gráficos que expressão a distribuição horária das falhas, estratificando-as em diferentes macrorregiões e em diferentes graus de urbanização.
6. Desenvolveu-se o estudo estatístico da correlação entre as falhas observadas e as características sociais e econômicas registradas para os locais nos quais tais falhas se deram. Constituiu-se as tabelas com os coeficientes de correlação de Pearson entre os vetores observados.
7. Montou-se, através do *software* QGis, os mapas para a espacialização dos resultados.

Mediante os resultados de cada uma das etapas supracitadas, foi possível concluir o estudo.

2. Definições

O presente capítulo promove a apresentação dos conceitos utilizados ao longo deste trabalho, definindo-os conforme sólidas referências bibliográficas.

Inicialmente, é fundamental estabelecer que, em obediência ao termo de confidencialidade acordado com a empresa cedente dos dados, esta não será identificada e nenhuma das marcas registradas envolvidas em seus processos será divulgada. Para garantir que tais restrições não impliquem em qualquer obscuridade no tangente às fontes adotadas, discorreremos rapidamente sobre as atividades da companhia em questão.

O mercado de telefonia móvel, no qual a referida empresa atua, é um dos mais dependentes da automação. Para que se realize uma simples chamada telefônica entre dois aparelhos celulares, são demandados centenas de equipamentos, conectados através de uma enorme e complexa rede de telecomunicações. Entendamos que, inicialmente, cada um dos celulares se conecta a uma estação rádio base, ao alcance do sinal da qual esteja. As estações se comunicam entre si e com diversos tipos de estações centrais e de conexão, para estabelecer uma rota através da qual as informações possam fluir de um aparelho móvel ao outro. A manutenção desta rota depende da alimentação ininterrupta das centenas ou milhares de equipamentos eletrônicos associados às condições de operação das estações. Das antenas que se comunicam com os celulares às placas instaladas nos armários que gerenciam seus funcionamentos e conexões, e até mesmo aos aparelhos de refrigeração que impedem o sobreaquecimento destes equipamentos, tudo tem a sua disponibilidade associada à disponibilidade de energia em níveis adequados.

Quando uma falha no fornecimento de energia comercial leva à interrupção da atividade de algum equipamento, não suportado por fontes alternativas (como bancos de baterias), é fundamental que as equipes de manutenção responsáveis possam identificar rapidamente quais é esse equipamento e em qual estação se localiza. Quanto antes os mantenedores identificarem os equipamentos inoperantes, seja a interrupção ocasionada por uma falha de energia ou não, antes poderão iniciar a resolução da falha. A complexidade das redes de equipamentos necessários e a enorme importância de manter sua indisponibilidade nos menores níveis possíveis justifica, inclusive financeiramente, os altos investimentos das empresas de telecomunicações em automação e monitoramento remoto. Qualquer funcionário, com acesso aos servidores de monitoramento das estações, pode verificar, virtualmente em qualquer momento e lugar, alguma informação de interesse. Além das informações relativas

aos níveis de tráfego e utilização de cada antena na rede, é possível acompanhar as temperaturas interna aos edifícios e gabinetes, se determinadas portas e gabinetes estão abertos ou fechados, os níveis de carga de bancos de baterias, os níveis de tensão e corrente recebidos da concessionária de energia e diversas outras grandezas monitoradas.

Quando o nível de alguma dessas grandezas ultrapassa os limites estabelecidos nas configurações das placas e servidores de monitoramento, estes, automaticamente geram alarmes direcionados a uma central de alarmes. Esta central cria, de forma automática, mas monitorada, as ordens de serviço da manutenção. Esse processo altamente mecanizado possibilita a maior agilidade das equipes de reparos, mas também fornece diversas métricas úteis aos setores de planejamento. Os alarmes gerados permanecem gravados nos servidores por períodos de tempo suficientes para que sejam exportados em empregados em diversas análises. Para este estudo, utilizou-se um longo histórico dos alarmes relativos aos níveis de tensão da energia comercial recebida por centenas de estações. Estações às quais, doravante, nos referiremos como instalações da empresa cedente.

A energia fornecida aos consumidores finais, ou Energia Comercial, será entendida de acordo com a seguinte conceituação: “*commercial power: Power furnished by an electric power utility company.*” - IEEE (2016, p.6). Em tradução livre, realizada pelo autor: é a energia elétrica fornecida por uma companhia de energia elétrica.

No âmbito da Qualidade de Energia, temos, segundo o IEEE (2016), “*power quality: The concept of powering and grounding electronic equipment in a manner that is suitable to the operation of that equipment and compatible with the premise wiring system and other connected equipment.*” - IEEE (2016, p.10). Em tradução livre, realizada pelo autor: Qualidade de Energia é o conceito de fornecer energia e aterrar equipamentos eletrônicos de uma maneira que seja adequada para a operação desse equipamento e compatível com o sistema de fiação local e outros equipamentos conectados.

Esta mesma publicação elucidada, no seu terceiro capítulo, “*The need to provide reliable power with a steady voltage and frequency has been recognized since the inception of the electric utility industry. However, the engineering reality of a large power system is that disturbances are unavoidable.*” - IEEE (2016, p.21). Ou seja, obstante a quão antigo é o entendimento de que o fornecimento de energia precisa ser confiável, com tensão e frequência constantes, sabemos que a operação realista destes sistemas precisa lidar com uma série de não idealidades. A operação normal dos equipamentos inclui mudanças de relação de transformação, em transformadores, entradas e saídas de equipamentos de compensações de

oscilações, como bancos de capacitores e de indutores, acionamento e desligamento de cargas nos consumidores e incontáveis outras alterações no sistema que geram, acumulam e amplificam distúrbios na rede de distribuição, comumente ultrapassando os limites estabelecidos por equipamentos alimentados. De forma geral, a Qualidade de Energia busca, por meio da descrição detalhada e da classificação das possíveis variações sobre as características ideais de nível de tensão e frequência da energia fornecida, promover as boas práticas e o bom entendimento entre os entes envolvidos na distribuição de energia comercial.

As principais falhas, descritas na bibliografia, cujas ocorrências afetavam o funcionamento dos equipamentos monitorados pela empresa cedente dos dados originais são monitoradas por alarmes independentes. Tais alarmes foram agrupados em três conjuntos, cada um dos quais, associado a um tipo de ocorrência conceitualmente bem estabelecido, conforme as seguintes definições:

Sobretensão: *“overvoltage: When used to describe a specific type of long duration variation, refers to an rms increase in the ac voltage, at the power frequency, for a period of time greater than 1 min. Typical values are 1.1 pu to 1.2 pu.”* - IEEE (2016, p.10). Em tradução livre, realizada pelo autor: Quando usado para descrever um tipo específico de variação de longa duração, refere-se a um aumento RMS na tensão CA, por um período de tempo maior que 1 min. Os valores típicos são 1,1 pu a 1,2 pu.

Subtensão: *“undervoltage: When used to describe a specific type of long duration variation, refers to an rms decrease in the ac voltage, at the power frequency, for a period of time greater than 1 min. Typical values are 0.8 pu to 0.9 pu.”* - IEEE (2016, p.13). Em tradução livre, realizada pelo autor: Quando utilizada para descrever um tipo específico de variação de longa duração, refere-se a uma diminuição RMS da tensão CA, por um período de tempo superior a 1 min. Os valores típicos são 0,8 pu a 0,9 pu.

Interrupção: *“interruption: The complete loss of voltage for a time period.”* - IEEE (2016, p.8). Em tradução livre, realizada pelo autor: A perda completa de tensão, por um período de tempo.

Com um ponto de vista ainda mais prático sobre o tema, o Manual para Análise de Qualidade de Energia da Dranetz (multinacional especializada no fornecimento de equipamentos para monitoramento de energia) evidencia que os afundamentos de tensão podem causar estragos e afetar o desempenho de equipamentos eletrônicos sensíveis. Equipamentos projetados com processos de inicialização podem reiniciar, serem desligados e até permanecerem desligados com afundamentos sustentados por alguns milissegundos.

Igualmente potencialmente danosas, as elevações de tensão, quando ultrapassam os limites admissíveis para o funcionamento dos equipamentos, podem acionar suas proteções ou até danificá-los, interrompendo o funcionamento em ambos os casos. Para equipamentos de telecomunicações, como os de cujo monitoramento proveio os dados para este estudo, interrupções de funcionamento como essas podem implicar em perdas de transmissão em cadeia que podem não se normalizar automaticamente, com a normalização do fornecimento de energia comercial. Esse exemplo da severidade dos impactos possivelmente provocados por oscilações sutis endossa a grande importância da atenção com as boas práticas em qualidade de energia, bem como a necessidade da empresa cedente em monitorar o insumo recebido.

No tangente aos dados socioeconômicos georreferenciados, é importante que entendamos em que consiste o Censo 2010 do IBGE, sua fonte.

“Os censos demográficos são pesquisas estatísticas cujo levantamento consiste na visita a todos os domicílios de um país e constituem a única fonte de referência para o conhecimento das condições de vida da população em todos os municípios e em seus recortes territoriais internos - distritos, bairros e localidades, rurais ou urbanos. IBGE (2011, p.9).

Embora os resultados divulgados no último censo integrem o conjunto nomeado Censo 2010, este inclui informações acumuladas desde o primeiro recenseamento geral do Instituto, realizado em 1872. Até a presente data, esta é a mais completa pesquisa sobre a população brasileira, trazendo a mais ampla variedade de informações sobre a nossa sociedade, nossas residências, nossas cidades e outros aspectos do nosso modo de vida. Tais dados estão disponíveis a todos, por meio do site do IBGE, onde se pode obter, também, os manuais de acesso e uso a esses dados e as publicações oficiais acerca dos censos, referências deste trabalho. Quando solicitado o esclarecimento de algumas dúvidas relativas à obtenção e ao uso de tais informações, de pronto atendeu o senhor José Carlos Torres G. Jr, Supervisor SBT-UE/CE, servidor do IBGE responsável pelos dados do Censo 2010 referentes ao Estado do Ceará. Em entrevista, o Sr. José Carlos esclareceu, dentre outras, como consultar, combinar e interpretar as milhares de variáveis reunidas nas dezenas de planilhas de resultados do censo. Assim, pôde-se estabelecer um entendimento de como as respostas dos entrevistados pelos recenseadores foram utilizadas na elaboração dos Setores Censitários que contemplam toda a área nacional.

Em suma, tais setores representam subdivisões do território que tiveram seus limites definidos conforme a uniformidade das respostas dos entrevistados. Para fins de interpretação e uso dos dados, adota-se que os valores variáveis da pesquisa obtidas em todas as residências englobadas por um setor censitário foram estatisticamente iguais. Estabelecer diferentes combinações entre tais setores, como agrupar os internos a cada município, ou diferenciar os rurais ou urbanos, é o método empregado pelo IBGE para o mapeamento e interpretação de todo o país, mediante características sociais e econômicas. Tal como definido pelo próprio Instituto, temos:

Setor censitário: “O setor censitário é a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País.” IBGE (2011, p.4).

3. Tratamento da Base de Dados

Estabelecidas as definições básicas que norteiam este trabalho e contextualizado o seu universo de estudo, será apresentada a metodologia através da qual os dados originalmente recebidos foram, tratados e adequados ao uso.

O conjunto original de dados agrupava 23.963 registros de alarmes gerados por 2.421 dos equipamentos operantes em 1.537 das instalações da empresa cedentes. Tais instalações se distribuem em seis estados da Região Nordeste do Brasil, adensando-se nas áreas mais populosas.

A necessidade de manter uma disponibilidade constante dos serviços prestados através desta estrutura, somada ao grande número de equipamentos envolvidos, compõem um cenário desafiador para as equipes de manutenção. A automação do monitoramento do funcionamento e das condições de operação desses equipamentos é indispensável ao cumprimento dos prazos estabelecidos nos acordos de nível de serviço de manutenção. Para tal, há um vasto sistema de monitoramento, com dezenas de sensores integrados aos equipamentos de cada uma das instalações. Tais sensores têm seus sinais direcionados a núcleos de processamento que os interpretam, em função de parâmetros preestabelecidos. Estes núcleos se mantêm conectados a um servidor unificado, uma gerência de alarmes, através da qual os operadores da rede podem acompanhar, em tempo real, a situação de cada equipamento: os níveis aferidos para cada variável monitorada, a presença de alarmes indicadores de variações e estados fora das condições de operação estipuladas, o registro histórico de cada alarme recebido, dentre outros. O registro permanece acumulado no banco de dados do servidor até ser sobrescrito, sendo possível filtrá-los e exportá-los para uso em outras plataformas.

Com a orientação do Engenheiro Eletricista Leonardo Marques de Oliveira Garcia, funcionário da empresa cedente e profundo conhecedor do funcionamento de sua estrutura, equipamentos e sistemas, elaborou-se as rotinas de programação, internas à gerência de alarmes, necessárias à filtragem e exportação dos alarmes relevantes a este trabalho. Desde esse momento, pretendia-se obter um histórico de alarmes de cerca de seis meses. Para tal, foi necessário operar a exportação dos registros em diferentes datas, ao longo do período monitorado. Isto porque o servidor não possui capacidade de memória suficiente para acumular registros por muito mais que um mês e sobrescreve os registros novos aos mais antigos como forma de contornar a limitação. Assim, obteve-se, diretamente da gerência de alarmes, um total

de doze arquivos de texto tabulado, em formato .xls, contendo os alarmes registrados entre 24 de janeiro e 5 de julho de 2016. Na **Figura 1**, pode-se ver a tabela de um desses arquivos:

Severity	Name	Alarm ID	NE Type	Location Information	Alarm Sou	Occurred	Cleared	O	RRU Name	BBU Name	eNodeB ID	Acknowledged	User Label	Acknowledged	Equipment	Alarm	Serial Number
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GIPM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422409			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GGNP2	BSCNTLC	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	26607			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GNEA2	BSCFLAB	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	149781			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422383			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422382			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422384			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GDSR2	BSCNTLA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	79003			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GAIG2	BSCFLAB	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	149770			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422359			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422358			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422349			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422342			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422319			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422318			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GMTU2	BSCRCEA	24/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422257			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422260			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422256			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422248			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422238			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422212			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422182			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	-	24/03/2016	< System	422097			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GRIM2	BSCRCEA	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	422096			
Major	Mains Inpu	25622	BTS3900	Cabinet N: TPRZ1_P1	TPRZ1_P1	23/03/2016	24/03/2016	-	-	-	TPRZ1_P1	410119	24/03/2016	< System	1173		
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GAIG2	BSCFLAB	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	149622			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GAIG2	BSCFLAB	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	149621			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GAIG2	BSCFLAB	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	149620			
Major	Mains Inpu	25622	BTS3900	Cabinet N: TPRZ1_P1	TPRZ1_P1	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	TPRZ1_P1	410119	23/03/2016	< System	1172		
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GBPQ2	BSCFLAB	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	149602			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GBPQ2	BSCFLAB	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	149598			
Major	Mains Inpu	25622	GBTS	Cabinet N: GMAP2	BSCFLAB	23/03/2016	23/03/2016	-	-	-	-	23/03/2016	< System	149589			

Figura 1: Exemplo de arquivo exportado. **Fonte:** Gerência de alarmes da empresa cedente.

Em tais arquivos, cada linha trás as informações de um alarme emitido por um equipamento. O campo *Location Information* contém um texto concatenado do qual é possível extrair o nome do alarme e identificar qual instalação estava o elemento que o externou. Os campos *Occurred On (NT)*, *Cleared On (NT)* e *Acknowledged On (ST)*, respectivamente, indicam os horários em que o alarme foi ligado, foi desligado e o momento em que foi registrado na gerência. Esse é conjunto básico de informações que nos permite saber quando e onde ocorreram e quanto duraram cada uma das falhas no fornecimento de energia comercial percebidas pela central de monitoramento. Pelos nomes dos alarmes, podemos determinar a qual tipo de falhas estão relacionados. *AC Failure* e *AC Phase Loss* são os alarmes relacionados à interrupção completa do fornecimento, agrupamo-los como alarmes do tipo **Falha de CA**. Os equipamentos não geram alarmes para variações no nível de tensão fornecido pela concessionária que se mantenham dentro de uma faixa de tolerância. Esta faixa vai, por padrão, de dez por cento a baixo a dez por cento a cima da tensão nominal de 220 volts. Quando a tensão cai ou sobe além dessa tolerância, são emitidos os alarmes *AC Undervoltage* e *AC Overvoltage*,

respectivamente, quais foram tipificados em alarmes de Subtensão e de Sobretensão. Como marco da conclusão desta etapa de aquisição de dados, os 23.963, com as referidas informações, foram reunidos em uma única planilha. Então, teve início o refino desses dados, através dos passos descritos a seguir.

É comum a ocorrência de perdas parciais e pequenas corrupções em arquivos transmitidos entre diferentes equipamentos. Quão mais complexas sejam as redes através das quais tais registros fluem, mais comuns e até mais severas essas perdas podem se tornar. Esta característica fundamenta das telecomunicações, e mesmo erros de processamento nos núcleos através dos quais os alarmes fluem e são registrados, afetam a credibilidade de alguns desses alarmes ao ponto de justificar sua desconsideração. A primeira verificação de credibilidade aplicada sobre a planilha foi a verificação da duração das falhas listadas. oito lançamentos foram classificados como de “Duração Desconhecida”, por não apresentarem o horário da interrupção do alarme. Essas informações podem ter sido perdidas, em algum passo de transmissão ou processamento sofrido, ou os alarmes poderiam ainda estar ativos, no momento em que o último arquivo de histórico foi gerado pelo servidor. Não sendo possível, com o método pretendido, considerar falhas de duração desconhecida, e considerando-se fora das boas práticas qualquer alteração dos dados originais, optou-se por desconsiderar tais 8 registros nas etapas seguintes do estudo. Mediante os mesmos valores, também foram desconsiderados os 93 alarmes classificados como com “Duração Negativa”, cujo horário da ocorrência era posterior ao da interrupção. Como as interpretações a se desenvolver pretensamente se baseariam nos locais onde as falhas foram registradas, entendeu-se como infrutíferos os 67 registros classificados como com “Fonte do alarme desconhecida”. Então, passou-se a à fase de análise menos imediata sobre a credibilidade das informações. Por vezes, equipamentos diferentes, integrantes de uma mesma instalação e, por consequência, energizados por uma mesma unidade consumidora, emitem alarmes simultâneos. Atendo-se à necessidade de evitar que esse tipo de redundância levasse à multiplicação incorreta do número de falhas, ou à extensão errônea do total de suas durações, realizou-se uma criteriosa verificação de redundâncias entre os alarmes. Havendo dois registros, referentes a um mesmo endereço, em que o encerramento do alarme que iniciou primeiro é posterior ao do segundo, o segundo alarme, de menor duração, foi considerado circunscrito ao primeiro e preterido. Sendo iguais os horários de início e fim de dois alarmes de uma mesma instalação, um deles também foi tratado como redundante. 1.155 alarmes foram classificados, portanto, como “Redundante; Alarme circunscrito a outro”. Nos 150 casos em que os horários não eram iguais ou circunscritos, mas os períodos de tempo se

sobrepuham por mais de cinquenta por cento da duração do alarme mais curto, este foi classificado como “Redundante; Nome e Site Iguais, Alta Sobreposição”. Nas 5.146 comparações em que a diferença entre os inícios de entradas similares foi inferior a seis segundos, os alarmes mais curtos receberam a classificação “Redundante; Nome e Site Iguais, Surgimento Similar”. Os 2.471 registros de cujas ocorrências eram iguais às de algum outro, similar e mais longo, foram classificados como “Redundante; Nome, Site e Surgimento Iguais”. Até alarmes de tipos diferentes, desde que no mesmo endereço e com sobreposição (a outro mais longo) superior a cinquenta por cento foram considerados redundantes. Estes totalizaram 124, sub a classificação de “Redundante; Site Igual e Alta Sobreposição”.

Ao final dessa sequência de identificação de incongruências, 9.214 alarmes se enquadraram nas tipificações a serem desconsideradas, restando 14.749 registros tidos por confiáveis e verossímeis para comporem a base deste estudo. Segue a **Figura 2**, exibindo a tabela com o resumo dos agrupamentos estabelecidos:

Parecer	Contagem	Soma de Duração Considerada
Desconsiderar	9214	17766:43:45
Duração Desconhecida	8	0:00:00
Duração Negativa	93	0:00:00
Fonte do alarme desconhecida	67	93:27:21
Redundante; Alarme circunscrito a outro	1155	1844:21:31
Redundante; Nome e Site Iguais, Alta Sobreposição	150	550:00:11
Redundante; Nome e Site Iguais, Surgimento Similar	5146	6646:01:14
Redundante; Nome, Site e Surgimento Iguais	2471	8619:08:07
Redundante; Site Igual e Alta Sobreposição	124	13:45:21
Incluir	14749	18339:02:39
Aprovado nos testes	14749	18339:02:39
Total Geral	23963	36105:46:24

Figura 2: Resumo da classificação dos alarmes. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Como área de interesse desta pesquisa, se limita ao ocorrido na unidade federativa Ceará, chegou-se a uma seleção final dos alarmes a serem incluídos, os 7.430 registros de falhas de fornecimento ocorridos no estado. A distribuição dos alarmes nas classificações estipuladas, em observância a esse critério geográfico pode ser verificada na **Figura 3**:

Parecer	Contagem	Soma de Duração Considerada
Alarmes no Ceará	10507	14956:58:06
Desconsiderar	3188	5831:12:58
Duração Desconhecida	3	0:00:00
Duração Negativa	28	0:00:00
Redundante; Alarme circunscrito a outro	496	590:25:12
Redundante; Nome e Site Iguais, Alta Sobreposição	59	164:55:35
Redundante; Nome e Site Iguais, Surgimento Similar	1564	821:25:26
Redundante; Nome, Site e Surgimento Iguais	986	4245:37:58
Redundante; Site Igual e Alta Sobreposição	52	8:48:47
Incluir	7319	9125:45:08
Aprovado nos testes	7319	9125:45:08
Alarmes em outras Ufs	13456	21148:48:18
Desconsiderar	6026	11935:30:47
Duração Desconhecida	5	0:00:00
Duração Negativa	65	0:00:00
Fonte do alarme desconhecida	67	93:27:21
Redundante; Alarme circunscrito a outro	659	1253:56:19
Redundante; Nome e Site Iguais, Alta Sobreposição	91	385:04:36
Redundante; Nome e Site Iguais, Surgimento Similar	3582	5824:35:48
Redundante; Nome, Site e Surgimento Iguais	1485	4373:30:09
Redundante; Site Igual e Alta Sobreposição	72	4:56:34
Incluir	7430	9213:17:31
Aprovado nos testes	7430	9213:17:31
Total Geral	23963	36105:46:24

Figura 3: Resumo da classificação dos alarmes, com UF. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

O conjunto final dos dados aprovados para a análise restringiu-se, assim, a 30,5% do volume original. Essa redução, embora intensa, fora prevista e não deve impactar a percepção de qualidade da amostra. As redundâncias dos alarmes são naturais à topologia de sistema em que equipamentos diferentes reportam falhas de alimentação associadas a uma mesma unidade consumidora. A perda ou corrupção de uma fração dos pacotes de informações é inerente a qualquer sistema de transferência ou comunicação. Uma amostra tão volumosa, de mais de sete mil registros de falhas, referente uma única região, monitorada ininterruptamente por aproximadamente um semestre, não pode ser tratada como diminuta ou de baixa relevância. Tendo ainda, como marco de distinção e qualidade da amostragem, a maior isenção do ente responsável pelo monitoramento, qual não é participante ativo do mercado de energia. Também não se pode interpretar a exclusão de alarmes do conjunto total como uma deformação do cenário por seleção de amostra. Cada um dos registros desconsiderados teve uma clara descrição dos critérios mediante os quais foram classificados como inverossímeis. Portanto, mediante a seriedade e o alto critério apresentados para a obtenção da tabela final de alarmes, desde o planejamento dos acessos ao servidor, até os últimos passos da composição do arquivo, preservaram e reafirmam o grande valor desta descrição detalhada da nossa rede de distribuição.

Consolidadas as informações acerca da ocorrência e da duração das falhas, passou-se ao refino da sua alocação no espaço. A empresa cedente informou os endereços das suas instalações através de uma lista associando cada uma a um endereço convencional e a coordenadas geográficas. Essas coordenadas foram utilizadas para localizar as unidades consumidoras dentro da malha em que o IBGE segmenta o país.

Com bases nas pesquisas realizadas nos seus censos, o IBGE subdividiu os municípios brasileiros em unidades básicas de área. Essa divisão em unidades, nomeadas Setores Censitários e referidas no capítulo de definições, facilita o uso e a interpretação dos resultados das pesquisas. O Instituto gerou e disponibiliza diversas tabelas associando, a cada setor censitário, um único valor para cada uma das variáveis levantadas nos censos.

Tomemos por exemplo a variável “V002”, presente nos arquivos de tipo “6.2 Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01_UF.xls ou Domicilio01_UF.csv)”, que indica o número de residências em cada setor. Sua descrição é “Domicílios particulares permanentes”, conforme definido na bibliografia, “É o domicílio que foi construído a fim de servir exclusivamente para habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas.” – IBGE (2011, p.18).

Os setores censitários são identificados através de um “Geocódigo”. Os setores de códigos 230010120000001, 230020030000016 e 230030910000001 apresentam, para a variável “V002” do arquivo “Domicilio01_CE.xls”, os valores 122, 500 e 38, respectivamente. Este terceiro setor, que teria 38 domicílios com as referidas características, em outro arquivo, o “Basico_CE.xls”, consta como situado na “Região Nordeste”, UF “Ceará”, Mesorregião “Sertões Cearenses”, Microrregião “Sertão de Senador Pompeu”, município “ACOPIARA”, distrito “EBRON”, subdistrito “EBRON” e bairro “ACOPIARA (demais setores)”. Nessa pequena área poligonal da localidade Ebron, em que residiam, há época da pesquisa, 124 moradores, há uma das instalações que monitoramos. Em outro capítulo, descreveremos melhor as variáveis de interesse. O fundamental, a este ponto, é o estabelecimento da necessidade de associação de cada instalação a um setor censitário.

Além das tabelas de variáveis, o IBGE disponibiliza arquivos do tipo *Shapefile* das divisões geográficas e dos setores. Esse formato trás, além de dados tabulados, geometrias a eles associadas. Pontos, linhas e polígonos georreferenciados desses arquivos são processados em conjunto com suas tabelas de informações, em programas conhecidos como Sistemas de Informações Geográficas, SIGs, amplamente utilizados para a elaboração de mapas e para as mais diversas análises de dados localizados. O SIG empregue neste estudo foi o Quantum GIS,

que possibilitou, através de suas operações de interações entre diferentes geometrias, gerar uma tabela indicando dentro de qual polígono setor censitário está cada ponto de instalação.



Figura 4: Alarmes e Setores Censitários. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

A **Figura 4**, acima, exemplifica uma visualização dos pontos associados aos alarmes e dos Setores Censitários do Ceará, obtida através do QGIS. Dispondo da tabela exportada, associando cada ponto a um setor, e do registro detalhado das falhas, compôs-se a tabela concatenada fundamental deste trabalho.

4. Análise das Falhas no Tempo e no Espaço

Apresentados os passos seguidos até este ponto, será descrito o processo através do qual foram elaboradas as tabelas e gráficos visando evidenciar a distribuição e o comportamento das falhas no espaço e no tempo. Serão expostos, também, os produtos desses processos.

Tão logo foram associados os pontos referidos aos alarmes, aos setores censitários que os contêm, verificou-se que cinco dos setores continham mais de um ponto. Dois setores do município Aquiraz, e três do Fortaleza englobavam, cada um, duas das instalações monitoradas. A fim de evitar que a variação no número de pontos monitorados em cada setor deformassem a representação do universo estudado, optou-se por considerar apenas o ponto com maior número de alarmes, em cada setor.

A **Figura 5** traz a tabela detalhando os números de alarmes considerados ou não.

Alarmes Considerados							
Id Setor, Tipo de Alarme	Considerado		Não Duração	Sim Nº	Sim Duração	Total Nº	Total Duração
	Não Nº						
Falha de CA	18		17:06:16	3.651	6811:34:00	3.669	6828:40:16
Sobretensão				3	22:06:38	3	22:06:38
Subtensão	1		0:05:16	3.646	2274:52:58	3.647	2274:58:14
Total Geral	19		17:11:32	7.300	9108:33:36	7.319	9125:45:08
Falha de CA	0,25%		0,19%	49,88%	74,64%	50,13%	74,83%
Sobretensão	0,00%		0,00%	0,04%	0,24%	0,04%	0,24%
Subtensão	0,01%		0,00%	49,82%	24,93%	49,83%	24,93%
Total Geral	0,26%		0,19%	99,74%	99,81%	100,00%	100,00%

Figura 5: Alarmes Considerados. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Já tabela da **Figura 6**, explicita quantos alarmes foram ou não considerados, em cada setor.

Alarmes Considerados							
		Considerado					
Id Setor, Tipo de Alarme	Nº	Não	Não	Sim	Sim	Total Nº	Total Duração
		Duração	Duração	Nº	Duração		
9365		3	1:20:38	8	2:52:56	11	4:13:34
Falha de CA		3	1:20:38	8	2:52:56	11	4:13:34
9386		6	11:14:17	27	28:19:24	33	39:33:41
Falha de CA		5	11:09:01	27	28:19:24	32	39:28:25
Subtensão		1	0:05:16			1	0:05:16
12945		1	0:24:18	2	0:22:24	3	0:46:42
Falha de CA		1	0:24:18	2	0:22:24	3	0:46:42
13274		4	1:19:16	9	3:25:11	13	4:44:27
Falha de CA		4	1:19:16	9	3:25:11	13	4:44:27
13487		5	2:53:03	6	2:23:23	11	5:16:26
Falha de CA		5	2:53:03	6	2:23:23	11	5:16:26
Total Geral		19	17:11:32	52	37:23:18	71	54:34:50

Figura 6: Alarmes Considerados e Setores. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Com este ajuste, estabeleceu-se a amostra de 7.300 falhas, sendo 3.651 de Falta de AC, 3 de Sobretensão e 3.646 de Subtensão, em 607 pontos de monitoramento localizados em setores censitários de 136 municípios do estado do Ceará.

Dos mais de sete mil alarmes, apenas três repostam sobretensões. A pequena quantidade de falhas desse tipo inviabiliza a sua análise em separado, porém, não justifica a exclusão dos três registros das considerações inespecíficas. Logo, durante todo o seguimento do estudo, é preciso ater-se ao fato de o universo de falhas de sobretensão ser expressivo, apenas, na observação indiferente a tipo de falha. Os demais tipos são referidos em quantidades similares, sendo a duração total das falhas de CA, e, por consequência, também a duração média, quase três vezes maior que a das falhas de Subtensão.

A tabulação destas falhas aloca cada registro em uma linha, devotando uma coluna a cada um dos seguintes campos:

- ID: Remete à variável ID de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE.
- Geocodigo: Remete à variável Geocodigo de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE.
- Nome do Alarme: Remete ao nome do alarme, como consta nos dados exportados da gerência de alarmes. Valores presentes: *AC Failure*; *AC Overvoltage*; *AC Phase Loss*; *AC Undervoltage*.
- Tipo de Alarme: Classificação atribuída de acordo com o tipo de falha descrito por cada alarme. Valores presentes: Falha de CA; Sobretensão; Subtensão.

- Surgimento: Valor numérico referente ao horário de surgimento do alarme, como consta nos dados exportados da gerência de alarmes. Informando dia, mês, ano, hora, minuto e segundo.
- Interrupção: Valor numérico referente ao horário de interrupção do alarme, como consta nos dados exportados da gerência de alarmes. Informando dia, mês, ano, hora, minuto e segundo.
- Registro: Valor numérico referente ao horário em que o alarme foi registrado no banco de dados da gerência de alarmes, como consta nos dados exportados desta. Informando dia, mês, ano, hora, minuto e segundo.
- Duração: Valor numérico resultante da subtração do campo surgimento do campo interrupção. Informando hora, minuto e segundo.
- Grupos de Duração: Classificação do alarme, conforme as faixas de duração adotadas para facilitação do entendimento da distribuição das durações dos alarmes. Valores presentes: Menor que 1 minuto; de 1 minuto a menor que 3 minutos; de 3 minutos a menor que 5 minutos; de 5 minutos a menor que 15 minutos; de 15 minutos a menor que 1 hora; de 1 hora a menor que 1 dia; A partir de 1 dia.
- Horário do Surgimento, por hora: Classificação do alarme, conforme hora referida no campo surgimento. Valores presentes: de 0:00:00 a 23:00:00.
- Horário do Surgimento, por quarto de hora: Classificação do alarme, conforme hora e minutos referidos no campo surgimento. Valores presentes: de 0:00:00 a 23:45:00.
- Dia da Semana: Dia da semana da data contida no campo Surgimento. Valores presentes: Domingo a Sábado.
- Fim de Semana: Classificação do alarme, conforme tendo sido iniciado em um dia de semana ou em um dia de fim de semana. Valores presentes: Sim (para sábados e domingos); Não (para demais dias).
- Considerar?: Campo utilizado para filtrar, dos resultados, os 19 alarmes desconsiderados por haverem duas instalações em um mesmo setor. Sim (para os considerados); Não (para os desconsiderados).
- Mesorregião: Remete à variável Mesorregião de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: Centro-Sul Cearense;

Jaguaribe; Metropolitana de Fortaleza; Noroeste Cearense; Norte Cearense; Sertões Cearenses; Sul Cearense.

- Microrregião: Remete à variável Microrregião de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: Baixo Curu; Baixo Jaguaribe; Barro; Baturité; Brejo Santo; Canindé; Cariri; Caririação; Cascavel; Chapada do Araripe; Chorozinho; Coreaú; Fortaleza; Ibiapaba; Iguatu; Ipu; Itapipoca; Litoral de Aracati; Litoral de Camocim e Acaraú; Médio Curu; Médio Jaguaribe; Meruoca; Pacajus; Santa Quitéria; Serra do Pereiro; Sertão de Crateús; Sertão de Inhamuns; Sertão de Quixeramobim; Sertão de Senador Pompeu; Sobral; Uruburetama; Várzea Alegre.
- Nome da RM: Remete à variável Nome da RM de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: Municípios não pertencentes a estrutura de RM; RM Cariri; RM Fortaleza.
- Município: Remete à variável Município de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: MARCO; ABAIARA; ACARAÚ; ACOPIARA; AIUABA; ALCÂNTARAS; ALTO SANTO; AMONTADA; APUIARÉS; AQUIRAZ; ARACATI; ARACOIABA; ARARENDÁ; ARNEIROZ; ASSARÉ; BANABUIÚ; BARBALHA; BARREIRA; BARROQUINHA; BATURITÉ; BEBERIBE; BELA CRUZ; BOA VIAGEM; BREJO SANTO; CAMOCIM; CANINDÉ; CARIDADE; CARIRÉ; CARIRIAÇU; CARIÚS; CASCAVEL; CAUCAIA; CEDRO; CHOROZINHO; COREAÚ; CRATEÚS; CRATO; CROATÁ; CRUZ; DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO; EUSÉBIO; FORTALEZA; FORTIM; GRAÇA; GRANJA; GROÁIRAS; GUAÍUBA; GUARACIABA DO NORTE; GUARAMIRANGA; HIDROLÂNDIA; HORIZONTE; IBARETAMA; IBIAPINA; IBICUITINGA; ICAPUÍ; ICÓ; IGUATU; IPAPORANGA; IPU; IPUEIRAS; IRACEMA; IRAUÇUBA; ITAITINGA; ITAPAGÉ; ITAPIPOCA; ITAPIÚNA; ITAREMA; ITATIRA; JAGUARETAMA; JAGUARIBE; JAGUARUANA; JARDIM; JIJOCA DE JERICOACOARA; JUAZEIRO DO NORTE; JUCÁS; LIMOEIRO DO NORTE; MADALENA; MARACANAÚ; MARANGUAPE; MARTINÓPOLE; MASSAPÉ; MAURITI; MERUOCA; MILHÃ; MISSÃO VELHA; MOMBAÇA; MONSENHOR TABOSA; MORADA NOVA; MORRINHOS; NOVA

RUSSAS; OCARA; ORÓS; PACAJUS; PACATUBA; PACOTI; PALHANO; PARACURU; PARAIPABA; PARAMBU; PENTECOSTE; PEREIRO; PINDORETAMA; PIQUET CARNEIRO; PIRES FERREIRA; PORANGA; PORTEIRAS; QUITERIANÓPOLIS; QUIXADÁ; QUIXELÔ; QUIXERAMOBIM; QUIXERÉ; REDENÇÃO; RERIUTABA; RUSSAS; SABOIEIRO; SALITRE; SANTA QUITÉRIA; SANTANA DO ACARAÚ; SÃO BENEDITO; SÃO GONÇALO DO AMARANTE; SENADOR POMPEU; SOBRAL; SOLONÓPOLE; TABULEIRO DO NORTE; TAMBORIL; TAUÁ; TIANGUÁ; TRAIRI; TURURU; UBAJARA; UMIRIM; URUBURETAMA; URUOCA; VARJOTA; VÁRZEA ALEGRE; VIÇOSA DO CEARÁ.

- Distrito: Remete à variável Distrito de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: ABÍLIO MARTINS; ACARAÚ; ACOPIARA; AÇUDE DOS PINHEIROS; ADRIANÓPOLIS; AGUA FRIA; AGUAÍ; ALAZANS; ALGODÕES; ALMOFALA; ALTO LINDO; AMARELAS; AMARO; AMÉRICA; ANTONICO; ANTÔNIO BEZERRA; ANTÔNIO DIOGO; ANTÔNIO MARQUES; APRAZÍVEL; AQUIRAZ; ARACATI; ARACATIARA; ARANAÚ; ARAPARI; ARAQUÉM; ARARAS; ARARIÚS; ARISCO DOS MARIANOS; AROEIRAS; ASSUNÇÃO; BAIXA FRIA; BAIXIO; BAIXIO DA DONANA; BAIXIO DAS PALMEIRAS; BALEIA; BALSEIROS; BANDEIRA; BARBALHA; BARRA; BARRA DO INGÁ; BARRA NOVA; BARREIRA; BARREIRA DOS VIANAS; BARREIRAS; BARREIROS; BARRINHA; BASTIÕES; BEBERIBE; BELA VISTA; BELÉM; BETÂNIA; BITUPITÁ; BIXOPÁ; BOA ESPERANÇA; BOA VIAGEM; BOA VISTA; BOA VISTA DO CAXITORÉ; BONITO; BOQUEIRÃO; BORGES; BREJO SANTO; BURITIZAL; BURITIZINHO; CACHOEIRA GRANDE; CACIMBAS; CAIÇARA; CAIO PRADO; CAJAZEIRAS; CALDAS; CALIFÓRNIA; CAMILOS; CAMOCIM; CAMPÁNARIO; CAMPESTRE; CAMPO ALEGRE; CAMPO LINDO; CANAAN; CANDEIAS; CANGATÍ; CANINDÉ; CANINDEZINHO; CAPONGA; CAPONGUINHA; CARIRÉ; CARIRIAÇU; CARNAÚBAS; CARNAUBINHA; CARRAPATEIRAS; CARUATAÍ; CARVOEIRO; CASCAVEL; CASTANHÃO; CAUCAIA;

CAXITORÉ; CEDRO; CEMOABA; CHILE; CIPÓ; COITÉ; COLINA; CONCEIÇÃO; CÓRREGO DOS FERNANDES; CÓRREGO FUNDO; CRATEÚS; CRATO; CROATA; CRUZ; DAMIÃO CARNEIRO; DESERTO; DOM MAURÍCIO; DOMINGOS DA COSTA; EBRON; EMA; ENCANTADO; ENGENHEIRO JOÃO TOMÉ; ENGENHEIRO JOSÉ LOPES; ESPACINHA; ESTRELA; EUSÉBIO; FÁTIMA; FEITICEIRO; FLAMENGO; FLEICHEIRAS; FLORES; FORQUILHA; FORTALEZA; FORTIM; GARÇAS; GAVIÃO; GÁZEA; GENERAL TIBÚRCIO; GROAÍRAS; GUANACÉS; GUARAMIRANGA; GUASSUSSÊ; HOLANDA; HORIZONTE; IBICUITABA; ICAPUÍ; ICARAÍ; ICÓ; ICOZINHO; IDEAL; IGUATU; INHAMUNS; INHUÇU; IPAGUAÇU; IPIRANGA; IRAJÁ; ISIDORO; ITACIMA; ITAIPABA; ITAITINGA; ITAMARACÁ; ITANS; ITAPEIM; ITAPIPOCA; ITAREMA; ITATIRA; JACARECOARA; JACAÚNA; JAGUARÃO; JAGUARETAMA; JAGUARIBE; JAGUARUANA; JAIBARAS; JAMACARU; JARDIM; JIJOCA DE JERICOACOARA; JOÃO DE CASTRO; JORDÃO; JOSÉ DE ALENCAR; JUÁ; JUATAMA; JUAZEIRO DE BAIXO; JUAZEIRO DO NORTE; JUCÁ; JUCÁS; JUREMA; JURITIANHA; JUSTINIANO DE SERPA; LADEIRA GRANDE; LAGEDO; LAGOA DAS MERCÊS; LAGOA DAS PEDRAS; LAGOA DO BARRO; LAGOA DO CARNEIRO; LAGOA DO MATO; LAGOA DOS CRIoulos; LAGOA GRANDE; LAGOINHA; LAMBEDOURO; LAPA; LIMA CAMPOS; LIMOEIRO DO NORTE; LISIEUX; LIVRAMENTO; LOGRADOURO; MACEIÓ; MAJOR SIMPLÍCIO; MALHADA GRANDE; MANHOSO; MANITUBA; MARACANAÚ; MARANGUAPE; MARINHEIROS; MARRECAS; MARROCOS; MARRUÁS; MARTINÓPOLE; MARTINSLÂNDIA; MATA FRESCA; MATIAS; MATRIZ; MEL; MESSEJANA; MIRAGEM; MISSÃO VELHA; MOCAMBO; MOITAS; MOMBAÇA; MONDUBIM; MONTE ALEGRE; MONTE ALVERNE; MOSQUITO; MULUNGU; MUMBABA; MUNDAÚ; NARANIÚ; NASCENTE; NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO; NOVA BETÂNIA; NOVA FÁTIMA; NOVA FLORESTA; NOVA VENEZA; NOVA-VIDA; NOVO HORIZONTE; NÚCLEO COLONIAL PIO XII (SÃO GERÔNIMO); OCARA; OITICICA;

OLIVEIRAS; ORÓS; OTAVILÂNDIA; PACAJUS; PACATUBA; PADRE CÍCERO; PADRE LINHARES; PAJUÇARA; PALESTINA; PALESTINA DO CARIRI; PALHANO; PALMATÓRIA; PANACUÍ; PARACUÁ; PARACURU; PARAJURU; PARANGABA; PARAPUÍ; PARAZINHO; PARIPUEIRA; PASCOAL; PASSAGEM; PASTA; PATOS; PATRIARCA; PAVUNA; PECÉM; PEDRAS; PEDRAS BRANCAS; PEIXE; PEIXE GORDO; PEREIRO; PERNAMBUQUINHO; PESSOA ANTA; PINDOGUABA; PIRANJI; PLANALTO; POÇO; POÇO DA PEDRA; POÇO DOCE; POÇO GRANDE; PONTA DA SERRA; PORFÍRIO SAMPAIO; PORTEIRAS; PRATA; QUIXADÁ; QUIXELÔ; QUIXERAMOBIM; RAIMUNDO MARTINS; REALEJO; REDENÇÃO; RERIUTABA; RIACHO VERMELHO; ROLDÃO; RUSSAS; SABIAGUABA; SABOEIRO; SACRAMENTO; SAMBAÍBA; SANTA FÉ; SANTA LUZIA; SANTA ROSA; SANTA TEREZA; SANTANA; SANTARÉM; SANTO ANTONIO; SANTO ANTÔNIO; SANTO IZIDRO; SÃO BARTOLOMEU; SÃO BERNARDO; SÃO DOMINGOS; SÃO FRANCISCO; SÃO GONÇALO DO AMARANTE; SÃO GONÇALO DO UMARI; SÃO JOÃO DE DEUS; SÃO JOÃO DOS QUEIROZES; SÃO JOAQUIM DO SALGADO; SÃO JOSÉ; SÃO JOSÉ DAS LONTRAS; SÃO JOSÉ DO LAGAMAR; SÃO MIGUEL; SÃO PAULINHO; SÃO PEDRO; SÃO ROQUE; SÃO SEBASTIÃO; SAPÓ; SENADOR CARLOS JEREISSATI; SERENO DE CIMA; SERRA DO FÉLIX; SERRAGEM; SERROTE; SERROTE DO MEIO; SITIÁ; SÍTIO ALEGRE; SÍTIOS NOVOS; SIUPÉ; SOBRAL; SOLIDÃO; SUASSURANA; SUCATINGA; SUCESSO; SUSSUANHA; TABULEIRO DO NORTE; TAIBA; TAMBORIL; TANGENTE; TANQUES; TAPERÁ; TAPERUABA; TAPUIO; TARGINOS; TAUÁ; TIANGUÁ; TIMONHA; TRAIRI; TRAPIÁ; TRICI; TRUSSU; TUÍNA; UBAÚNA; UIRAPONGA; UMARIZEIRAS; UMBURANAS; URUQUÊ; VÁRZEA DA CONCEIÇÃO; VÁRZEA DA IPUEIRA; VÁRZEA DA ONÇA; VÁRZEA DO GILÓ; VÁRZEA DOS ESPINHOS; VAZANTES; VENTURA; VIÇOSA; VILA SOARES.

- Subdistrito: Remete à variável Subdistrito de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: ABÍLIO MARTINS; ACARAÚ; ACOPIARA; AÇUDE DOS PINHEIROS; ADRIANÓPOLIS;

AGUA FRIA; AGUAÍ; ALAZANS; ALGODÕES; ALMOFALA; ALTO LINDO; AMARELAS; AMARO; AMÉRICA; ANTONICO; ANTÔNIO BEZERRA; ANTÔNIO DIOGO; ANTÔNIO MARQUES; APRAZÍVEL; AQUIRAZ; ARACATI; ARACATIARA; ARANAÚ; ARAPARI; ARAQUÉM; ARARAS; ARARIÚS; ARISCO DOS MARIANOS; AROEIRAS; ASSUNÇÃO; BAIXA FRIA; BAIXIO.

- Bairro: Remete à variável Bairro de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: ABAIARA (demais setores); ACARAÚ (todos os setores); ACOPIARA (demais setores); Aerolândia; Aeroporto (Base Aérea); AIUABA (todos os setores); ALCÂNTARAS (demais setores); Aldeota; Aloísio Diógenes; Alto Alegre I; Alto Cristo; Alto da Balança; Alto do Motor; Alto do Rosário; ALTO SANTO (demais setores); Álvaro Weyne; Amadeo Furtado; AMONTADA (todos os setores); Ancuri; Angorá; Antônio Bezerra; APUIARÉS (todos os setores); AQUIRAZ (todos os setores); ARACATI (demais setores); ARACOIABA (todos os setores); ARARENDÁ (demais setores); Areias I; Arianópolis; ARNEIROZ (demais setores); ASSARÉ (todos os setores); BANABUIÚ (todos os setores); BARBALHA (demais setores); Barra do Ceará; BARREIRA (todos os setores); BARROQUINHA (demais setores); Barroso; BATURITÉ (demais setores); BEBERIBE (todos os setores); BELA CRUZ (todos os setores); Bela Vista; Benfica; BOA VIAGEM (demais setores); Bom Jardim; Bonsucesso; BREJO SANTO (demais setores); Cágado; Cais do Porto; Cajazeiras; CAMOCIM (todos os setores); Campo Santo; CANINDÉ (demais setores); CARIDADE (demais setores); CARIRÉ (todos os setores); CARIRIACU (demais setores); CARIÚS (demais setores); CASCAVEL (todos os setores); CAUCAIA (demais setores); CEDRO (demais setores); Centro; CHOROZINHO (todos os setores); Cidade dos Funcionários; Cidade Nova; Coaçu; Coco; Cocobó; Conjunto Habitacional; Conjunto Metropolitano; Coqueiral; COREAÚ (demais setores); CRATEÚS (demais setores); CRATO (demais setores); Cristo Redentor; CROATÁ (demais setores); CRUZ (todos os setores); Da Fé; De Lourdes; Dendê; DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO (todos os setores); Dias Macedo; Dom Lustosa; Edson Queiroz; Engenheiro Luciano Cavalcante; Estância (Dionísio Torres); EUSÉBIO (todos os setores); Farias Brito; Fátima;

Fátima I; FORTIM (todos os setores); Gentilândia; GRAÇA (todos os setores); GRANJA (todos os setores); Granja Lisboa; GROAÍRAS (demais setores); GUAIÚBA (demais setores); GUARACIABA DO NORTE (todos os setores); GUARAMIRANGA (todos os setores); Guarapes; HIDROLÂNDIA (demais setores); HORIZONTE (todos os setores); IBARETAMA (demais setores); IBIAPINA (demais setores); IBICUITINGA (todos os setores); ICAPUÍ (todos os setores); Icaraí; ICÓ (todos os setores); IGUATU (demais setores); IPAPORANGA (demais setores); Iparana; IPU (demais setores); IPUEIRAS (todos os setores); IRACEMA (demais setores); IRAUÇUBA (todos os setores); ITAPAGÉ (todos os setores); Itaperi; ITAPIPOCA (demais setores); ITAPIÚNA (todos os setores); ITAREMA (todos os setores); ITATIRA (demais setores); Jacarecanga; JAGUARIBE (demais setores); JAGUARUANA (todos os setores); Jaime Costa Pinheiro; Jandaiguaba; Jangurussu; Jardim América; Jardim Bandeirante; Jardim Cearense; Jardim das Oliveiras; Jardim Gonzaga; Jereissati Setor D; JIJOCA DE JERICOACOARA (todos os setores); João Neves da Luz (João da Luz); João Pereira de Sousa; Joaquim Távora; Jóquei Club (São Cristóvão); José Aristarco Cardoso; José Bonifácio; José de Alencar; José Holanda Lima; José Mendes; JUAZEIRO DO NORTE (demais setores); JUCÁS (demais setores); Junco; Juvêncio Santana; Lagoa Redonda; Lagoa Sapiranga (Coité); LIMOEIRO DO NORTE (demais setores); MADALENA (demais setores); Manoel Sátiro; MARANGUAPE (demais setores); MARCO (todos os setores); MARTINÓPOLE (todos os setores); MASSAPÊ (demais setores); Mata Galinha; MAURITI (demais setores); Meireles; MERUOCA (demais setores); Messejana (sede); MILHÃ (todos os setores); MISSÃO VELHA (demais setores); MOMBAÇA (demais setores); Mondubim (Sede); MONSENHOR TABOSA (demais setores); Monte Azul; Monte Castelo; Montese; MORADA NOVA (todos os setores); MORRINHOS (todos os setores); Mucuripe; Nossa Senhora de Fátima; NOVA RUSSAS (demais setores); Novo Crato; Novo Juazeiro; Novo Maracanaú; Novo Maranguape I; Novo Oriente; OCARA (todos os setores); ORÓS (todos os setores); PACAJUS (todos os setores); PACATUBA (demais setores); PACOTI (todos os setores); Padre Andrade (Cachoeirinha); Padre Sebastião Marleno; Pajuçara; PALHANO (todos os setores); Papicu; PARACURU

(todos os setores); PARAIPABA (todos os setores); Paraíso; PARAMBU (demais setores); Parangaba; Parque das Nações; Parque Dois Irmãos; Parque Iracema; Parque Leblon; Parque Luzardo Viana; Parque Manibura; Parque Potira; Parque Santa Fé; Parque Santa Rosa (Apolo XI); Parquelândia; Parreão; Passaré; Paulo Malaquias; Pedrinhas; PENTECOSTE (todos os setores); PEREIRO (todos os setores); Pici (Parque Universitário); PINDORETAMA (todos os setores); PIQUET CARNEIRO (demais setores); Pirajá; PIRES FERREIRA (todos os setores); Planalto Ayrton Senna; Planalto da Catumbela; Planalto Universitário; PORANGA (demais setores); Praia do Futuro I; Praia do Futuro II; Prefeito José Walter; Presidente Kennedy; Quintino Cunha; QUITERIANÓPOLIS (demais setores); QUIXADÁ (demais setores); QUIXELÔ (todos os setores); QUIXERAMOBIM (todos os setores); QUIXERÉ (demais setores); REDENÇÃO (todos os setores); RERIUTABA (todos os setores); Rodolfo Teófilo; RUSSAS (demais setores); Sabiaguaba; SABOEIRO (todos os setores); SALITRE (todos os setores); SANTA QUITÉRIA (demais setores); Santa Teresa; SANTANA DO ACARAÚ (demais setores); SÃO BENEDITO (todos os setores); São Bento; SÃO GONÇALO DO AMARANTE (todos os setores); São João do Tauapé; São José; São Mateus; São Miguel; São Vicente; Sebastião César Rêgo; Seminário; SENADOR POMPEU (todos os setores); Serrinha; Siqueira; SOBRAL (demais setores); SOLONÓPOLE (todos os setores); Tabuba; TABULEIRO DO NORTE (demais setores); TAMBORIL (demais setores); TAUÁ (demais setores); TIANGUÁ (todos os setores); TRAIRI (demais setores); Triângulo; TURURU (todos os setores); UBAJARA (todos os setores); UMIRIM (todos os setores); URUBURETAMA (todos os setores); URUOCA (demais setores); Varjota; VARJOTA (todos os setores); VÁRZEA ALEGRE (demais setores); Vicente Pinzon; VIÇOSA DO CEARÁ (todos os setores); Vila União; Vila Velha.

- Situação setor: Remete à variável Situação setor de cada setor, conforme apresentados nos registros do IBGE. Valores presentes: 1; 2; 3; 4; 5; 8.
- Situação: Classificação atribuída pela bibliografia a cada código presente no campo Situação Setor. Valores presentes: Aglomerado rural de extensão urbana; Aglomerado rural isolado - povoado; Área não-urbanizada de cidade

ou vila; Área urbana isolada; Área urbanizada de cidade ou vila; Zona rural, exclusive aglomerado rural.

- Situação': Classificação, restrita a rural e urbana, atribuída pela bibliografia a cada código presente no campo Situação Setor. Valores presentes: Situação rural; Situação urbana.

A vasta gama de combinações possíveis entre tais variáveis pode fundamentar um grande número de sínteses do sistema monitorado. Dentre as possibilidades exploradas, destacaram-se algumas, com interpretações mais evidentes. *A priori*, nos debruçaremos sobre a duração dos alarmes e os horários em que as falhas ocorreram.

A observação da distribuição das durações das falhas trouxe a tona a delicada questão da imprecisão de, ou da falta de consenso quanto a, algumas definições formais. Na **Figura 7** e na **Figura 8**, pode-se verificar a existência de grande número de alarmes com duração inferior a minuto.

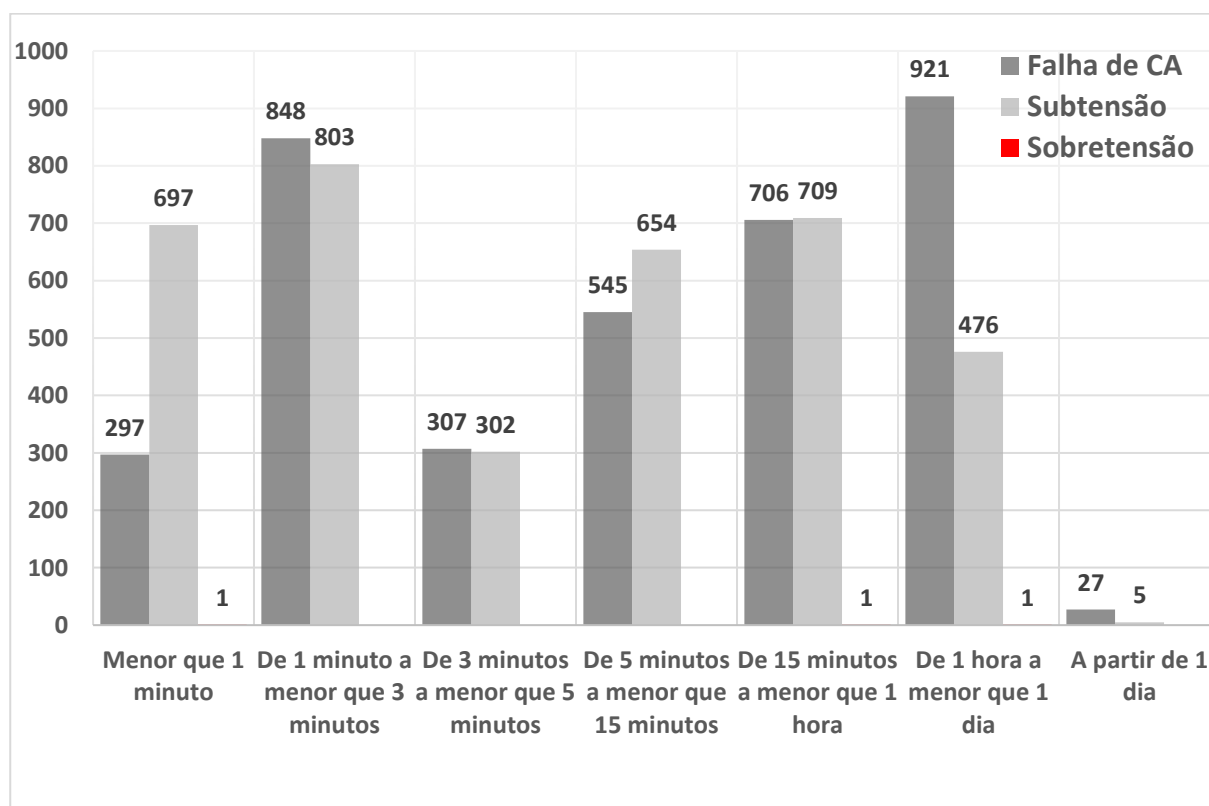


Figura 7: Alarmes em cada grupo de duração - Gráfico. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Contagem de Alarmes, por Duração				
Grupos de Duração	Tipo de Alarme			Total Geral
	Falha de CA	Subtensão	Sobretensão	
Menor que 1 minuto	297	697	1	995
De 1 minuto a menor que 3 minutos	848	803		1651
De 3 minutos a menor que 5 minutos	307	302		609
De 5 minutos a menor que 15 minutos	545	654		1199
De 15 minutos a menor que 1 hora	706	709	1	1416
De 1 hora a menor que 1 dia	921	476	1	1398
A partir de 1 dia	27	5		32
Total Geral	3651	3646	3	7300

Figura 8: Alarmes em cada grupo de duração - Tabela. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Com 14% dos alarmes tendo duração menor que 1 minuto, não se pôde continuar sem um aprofundamento do entendimento da relevância de falhas tão curtas. Absolutamente, a definição de um tempo mínimo de duração não é unanimidade, na bibliografia.

O *Electrical Power Systems Quality*, aponta a duração típica maior que um minuto para *Undervoltage*, *Overvoltage* e *Sustained Interruption*. São nomeadas *Sag* as falhas similares a *Undervoltage* cujas durações se restringem a de 0,5 ciclos de a um minuto. Da mesma forma, o que seria classificado como *Overvoltage*, caso tenha a mesma restrição entre meio ciclo e um minuto, é referido como *Swell*. Já para as versões de *Sustained Interruption* mais curtas que um minuto, chamadas apenas *Interruption*, esta publicação não aponta limite inferior de duração.

Já o *Power Quality Analysis* estabelece o limite inferior de um ciclo inteiro para as classificações *Sag*, *Swell* e *Line Interruption*. Diferenciando *Undervoltage*, *Overvoltage* de *Sag* e *Swell* por sustentarem-se por um “intervalo de tempo apreciável”. Esta publicação não subclassifica as interrupções, postulando apenas, sobre suas durações, que vão de um ciclo a várias horas.

Curiosamente, algumas definições foram alteradas e outras mantidas, entre as versões de 1992 e de 2016 do *Emerald Book* do IEEE. *Sag*, *Swell*, originalmente durariam de meio ciclo a alguns segundos, em 1992, limites mantidos para *Sag*, mas alterados para de meio ciclo a um minuto para *Swell*. *Interruption*, manteve-se sem período de tempo definido em 1992 e em 2016.

A ANEEL, no Módulo 8 do PRODIST, determina “duração da variação” “inferior ou igual a três segundos”, para Interrupção Momentânea de Tensão. Já para Afundamento Momentâneo de Tensão e Elevação Momentânea de Tensão, “superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos”. Tais denominações se enquadram na classificação Variação Momentânea de Tensão. As três passam à classificação Variação Temporária de Tensão com a alteração da “duração da variação” para “superior a três segundos e inferior a três minutos”.

Toda essa variação nos limites de duração apresentados nas diversas definições observadas é facilmente entendida ao se observar que tais publicações se dedicam, em épocas diferentes, ao entendimento dos impactos das falhas em aplicações ligeiramente diferentes. O uso de uma geladeira, em uma residência, por não sofrer absolutamente qualquer prejuízo com a ocorrência de uma interrupção de fornecimento de alguns segundos. Uma interrupção centenas de vezes mais curtas, afetando a alimentação de um equipamento de telecomunicações, pode implicar em uma cascata de travamentos, reinicializações, perdas de sincronia... acarretando vultuosos prejuízos aos usuários.

Assim, tendo em vista que apenas três dos alarmes considerados têm duração menor que quinze segundos, cientes de que a bibliografia não nos obriga com definições precisas e uníssonas quanto às durações das falhas, em observância a como o crescimento do uso de equipamentos eletrônicos e de telecomunicações tornou, também os usuários de menor porte, muito mais sensíveis a interrupções de curtíssima duração, e receosos de que a exclusão dos alarmes durando menos de um minuto pudesse resultar nalgum comprometimento da credibilidade da representação amostral, optou-se pela manutenção de todos os registros considerados até esta etapa.

Objetivando expor os horários do dia em que as falhas monitoradas mais ocorreram, gerou-se o gráfico da **Figura 9**.

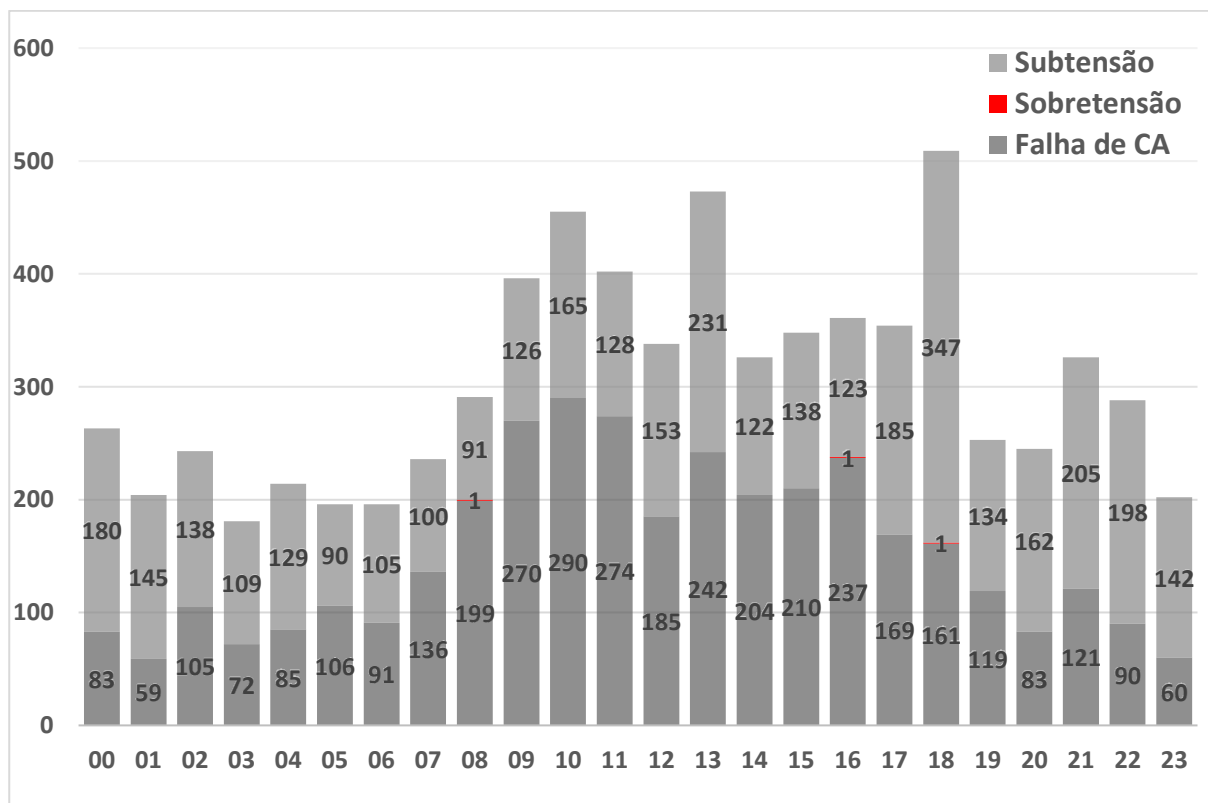


Figura 9: Contagem de alarmes por horário. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

A distribuição horária das ocorrências evidencia um crescimento de seu número com o início do horário comercial. A frequência cai com o fim do horário comercial e os dois maiores picos registrados foram entre as 18 e as 19 horas, final do expediente comercial padrão, e retorno do horário de almoço, entre as 13 e 14 horas.

No gráfico seguinte, em que se expõe a média de duração dos alarmes, em função do horário de ocorrência, os valores do gráfico anterior se convertem em uma curva de referência.

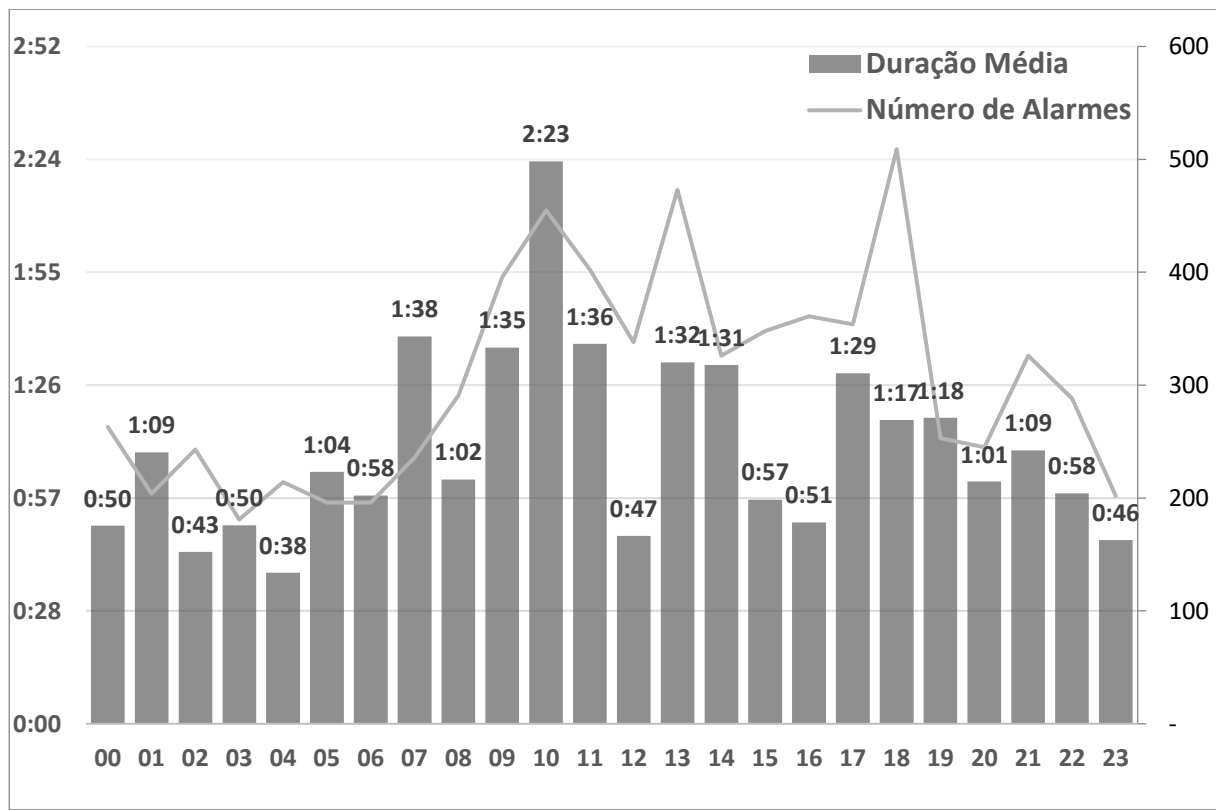


Figura 10: Média de duração dos alarmes, por horário. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Pode-se verificar uma relação mais sutil entre a duração média dos alarmes e o horário comercial. O pico, sensivelmente destacado, aparece entre as 10 e as 11 horas. Vale observar que as falhas iniciadas durante a madrugada foram menos volumosas, não somente em número, mas também em duração.

As figuras a seguir diferenciam os alarmes gerados durante os dias de semana, segundas-feiras a sextas-feiras, e iniciados nos fins de semana, sábados e domingos. Quanto aos grupos de duração, temos:

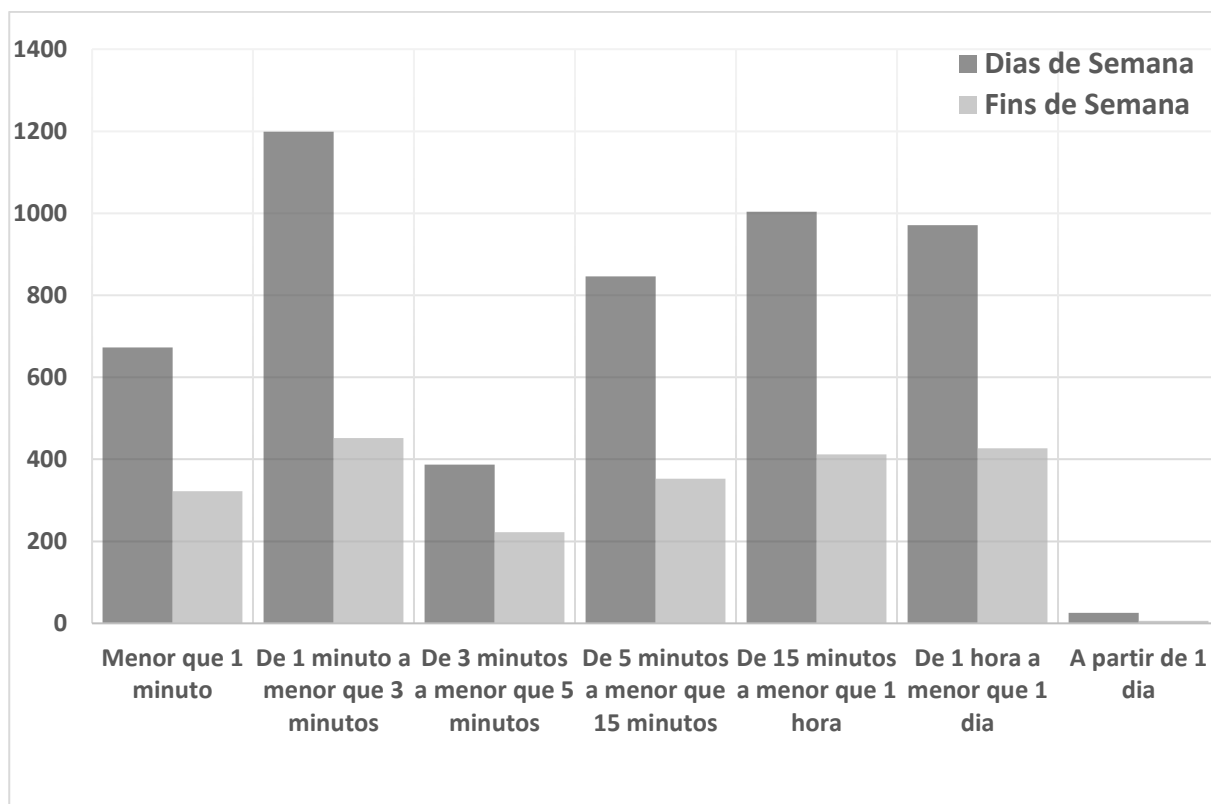


Figura 11: Contagem de alarmes, por grupo de duração e por tipo de dia - Gráfico **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Contagem de Alarmes, por Duração			
Grupos de Duração	Tipo de Alarme		Total Geral
	Dias de Semana	Fins de Semana	
Menor que 1 minuto	673	322	995
De 1 minuto a menor que 3 minutos	1199	452	1651
De 3 minutos a menor que 5 minutos	387	222	609
De 5 minutos a menor que 15 minutos	846	353	1199
De 15 minutos a menor que 1 hora	1004	412	1416
De 1 hora a menor que 1 dia	971	427	1398
A partir de 1 dia	26	6	32
Total Geral	5106	2194	7300

Figura 12: Contagem de alarmes, por grupo de duração e por tipo de dia - Tabela **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Não foram identificados grandes desequilíbrios na proporção entre falhas surgidas nos dias da semana ou de fim de semana. Focando na distribuição dos alarmes entre os dias da semana, observaram-se variações mais pronunciadas, apresentadas nas imagens a seguir:

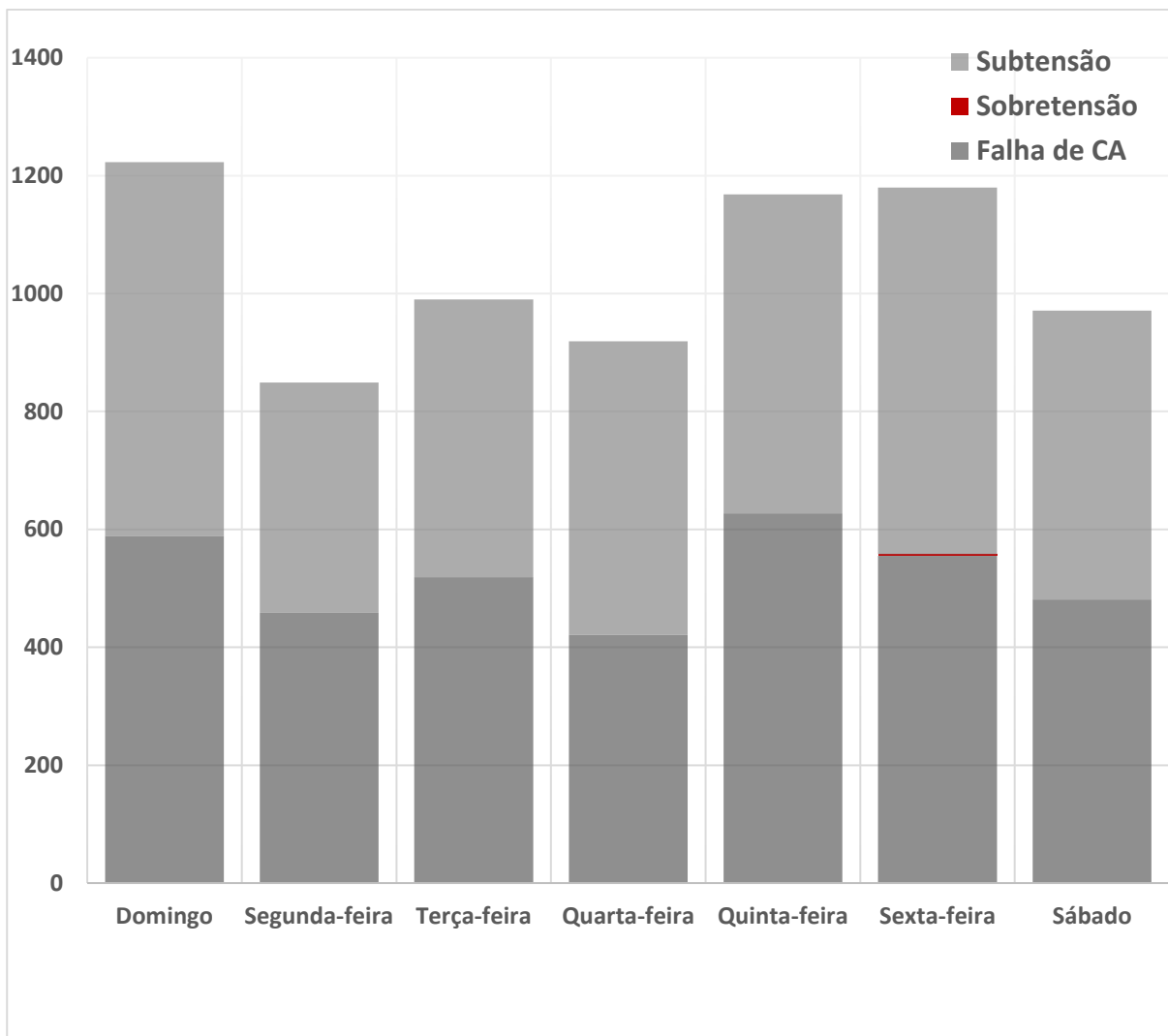


Figura 13: Contagem de alarmes, por dia da semana - Gráfico **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Contagem de Alarmes, por dia da semana				
Tipo de Alarme ▾				
Grupos de Duração ▾	Falha de CA	Sobretensão	Subtensão	Total Geral
Domingo	589		634	1223
Segunda-feira	459		390	849
Terça-feira	519		471	990
Quarta-feira	421		498	919
Quinta-feira	627		541	1168
Sexta-feira	555	3	622	1180
Sábado	481		490	971
Total Geral	3651	3	3646	7300

Figura 14: Contagem de alarmes, por dia da semana - Tabela **Fonte:** Elaborado pelo autor.

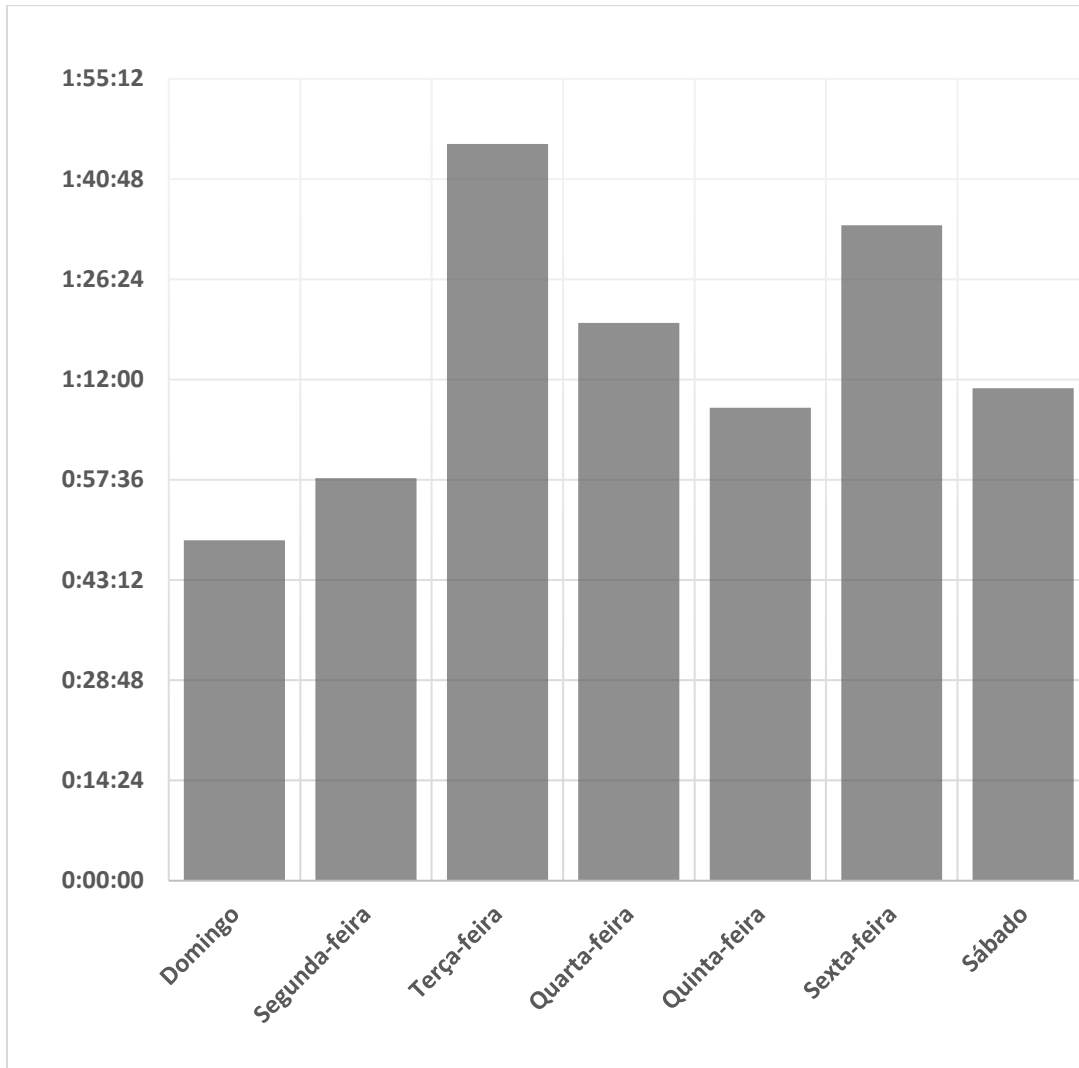


Figura 15: Média de duração de alarmes, por dia da semana - Gráfico **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Média de Duração de Alarmes, por dia da semana				
Média de Duração	Tipo de Alarme ▾			
Grupos de Duração ▾	Falha de CA	Sobretensão	Subtensão	Total Geral
Domingo	1:15:22		0:24:21	0:48:55
Segunda-feira	1:15:32		0:36:59	0:57:50
Terça-feira	2:54:37		0:30:05	1:45:51
Quarta-feira	2:15:38		0:33:11	1:20:07
Quinta-feira	1:36:56		0:34:20	1:07:56
Sexta-feira	2:04:13	7:22:13	1:05:41	1:34:10
Sábado	1:48:30		0:33:41	1:10:45
Total Geral	1:51:56	7:22:13	0:37:26	1:14:52

Figura 16: Média de duração de alarmes, por dia da semana - Tabela **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Embora a variação da contagem de alarmes tenha se mantido estável, ao longo da semana, o tempo médio em que cada uma dessas falhas se manteve presente variou de forma a que os domingos, dias com maior contagem de falhas, tivessem a menor duração média. Destacaram-se as terças-feiras e sextas-feiras, com as mais longas médias de duração. Embora apenas três falhas de sobretensão tenham sido consideradas, pode ser considerado relevante o fato de as três terem ocorrido em sextas-feiras. Duas se deram o mesmo ponto, em um mesmo dia, com nove horas de diferença para os surgimentos. Estas, totalizaram menos de uma hora de permanência. A terceira falha, que se manteve por mais de 21 horas, ocorreu em outro ponto e dia.

Por fim, antes de seguir para a referenciação geográfica das ocorrências, convém, observarmos os meses em que surgiram:

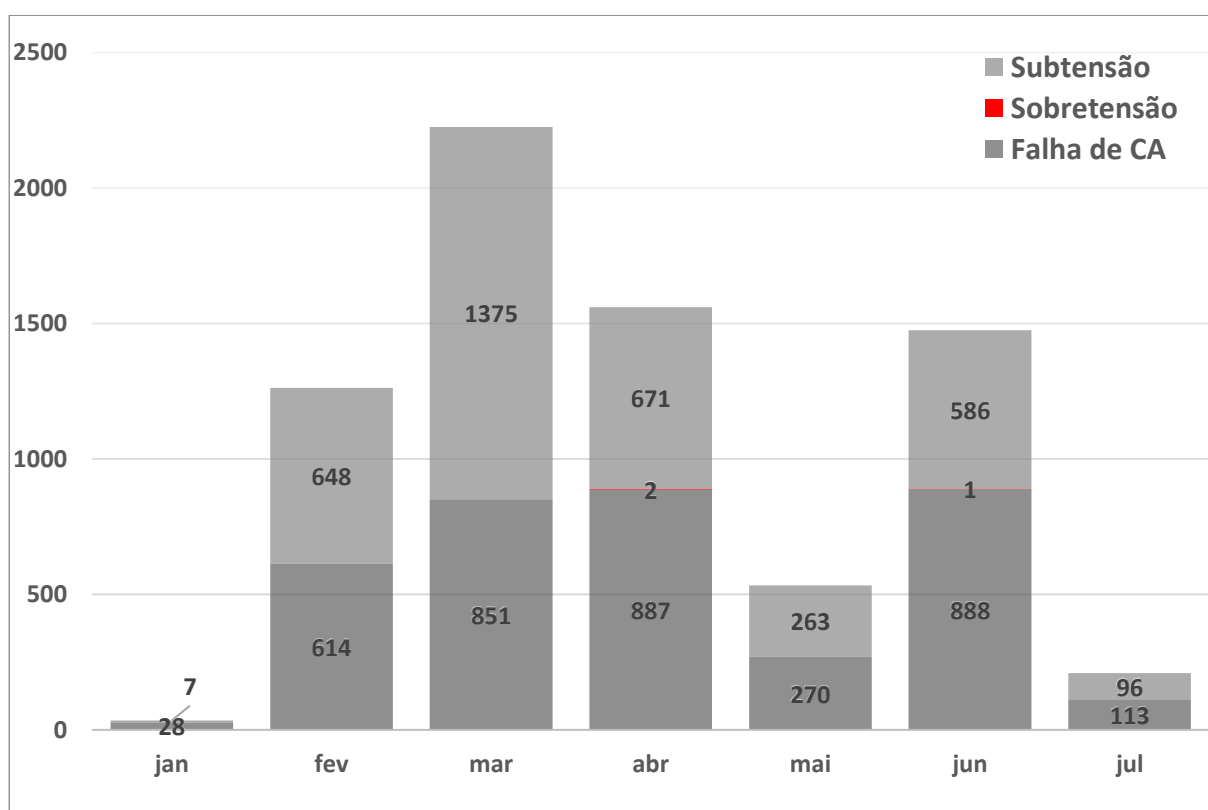


Figura 17: Meses de ocorrência das falhas. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Não foi obtida a totalidade dos registros para os meses de janeiro e julho, mas os dados de todos os alarmes presentes nos cinco meses entre estes foram exportados. Assim, é consistente a discrepância na frequência das falhas, entre o mês de março e os demais quatro. Talvez convenha verificar este comportamento em outros anos, e compará-lo à distribuição dos índices pluviométricos para o estado, em um trabalho futuro.

Bem demonstrado quando essas falhas ocorreram, precisa-se entender melhor alguns critérios adotados pelo IBGE para a caracterização do território, para avaliarmos onde tais ocorrências se deram.

A fim de se caracterizar as áreas entorno dos pontos monitorados como rurais ou urbanas, tomou-se por referência o campo “Situacao_setor”, presente no presente no arquivo de dados do IBGE “Basico_CE.xls”. Neste, cada setor censitário é classificado através de um número inteiro, que vai de 1 a 8. A imagem a seguir, retirada do manual Base de Informações Por Setor Censitário Censo 2010 (p.43), expõe a classificação associada pelo Instituto e seguida pelo autor:

Código de situação do setor

Indica o código numérico de situação do setor. Possui 1 dígito.

- **Situação urbana** – códigos: 1, 2 ou 3
 - 1 - Área urbanizada de cidade ou vila
 - 2 - Área não-urbanizada de cidade ou vila
 - 3 - Área urbana isolada

- **Situação rural** – códigos: 4, 5, 6, 7 ou 8
 - 4 - Aglomerado rural de extensão urbana
 - 5 - Aglomerado rural isolado - povoado
 - 6 - Aglomerado rural isolado - núcleo
 - 7 - Aglomerado rural isolado - outros aglomerados
 - 8 - Zona rural, exclusive aglomerado rural

Identificou-se, portanto, o código presente no campo Situacao_setor para cada setor continente de um ponto de origem de alarmes. Baseado no entendimento do IBGE, interpretou-se os alarmes como gerados em áreas rurais ou em áreas urbanas de acordo com as classificações do Instituto para os setores censitários que contém os pontos de origem.

Incluindo esta última classificação na estratificação das falhas, podemos observar que os fatores comerciais que levaram a empresa cedente a concentrar suas instalações em regiões mais densamente povoadas se refletiram em uma contagem quase seis vezes maior de alarmes em áreas urbanas que em rurais. Tal desproporção provém, fundamentalmente, de apenas 80 dos 607 pontos monitorados estarem em setores classificados como rurais. Não obstante ao volume tão maior de falhas em região urbana, a média das durações das ocorrências em regiões rurais chega a ser mais de duas vezes maior.

Alarmes em Áreas Urbanas e Rurais			
Situação	Contagem	Soma de Duração	Média de Duração
☐ Situação rural	1.059	2507:10:01	2:22:03
☒ Falha de CA	568	2010:27:12	3:32:22
☒ Subtensão	491	496:42:49	1:00:42
☐ Situação urbana	6.241	6601:23:35	1:03:28
☒ Falha de CA	3.083	4801:06:48	1:33:26
☒ Sobretensão	3	22:06:38	7:22:13
☒ Subtensão	3.155	1778:10:09	0:33:49
Total Geral	7.300	9108:33:36	1:14:52

Figura 18: Alarmes em Áreas Urbanas e Rurais. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Até o presente momento, a mais inequívoca conclusão obtida dos estudos desenvolvidos decorre da tabela acima, qual nos apresenta um tempo médio de duração de 2:22:03 nas áreas rurais, mais de duas vezes maior que os 1:03:28 apresentados para as áreas urbanas. Este trabalho não se aprofundou quanto às características inerentes à malha de distribuição, ou aos modelos de atendimento empregados, que possam estar associados a tamanha desigualdade, por não serem seu objeto de estudo. Porém, um resultado tão expressivo pode justificar o desenvolvimento de tais análises, em outros trabalhos.

Nos mapas a seguir, são diferenciadas as regiões do estado, conforme a situação rural ou urbana. São utilizados pontos para determinar as posições dos locais onde as falhas foram registradas, dentro dos limites dos municípios. As colorações de tais pontos variam do branco ao lilás, conforme descrito na legenda, para expressar as durações médias dos alarmes, para aqueles pontos. Pode-se verificar, pelos mapas, que os pontos com durações maiores são mais comuns nas zonas rurais. Também é notório como as instalações com as piores permanências das falhas são as mais isoladas, o que indica que estão mais afastadas dos centros urbanos e populacionais.

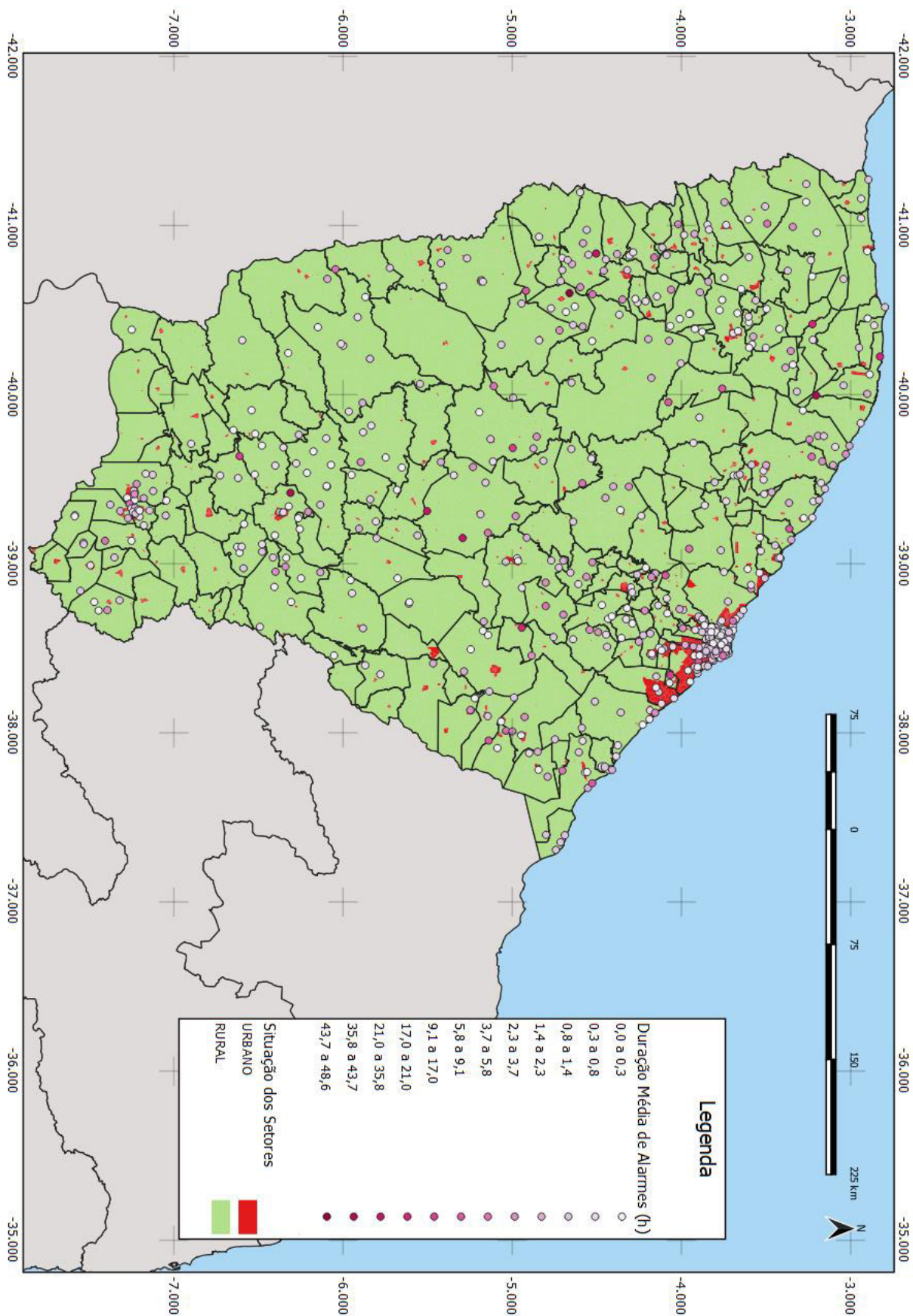


Figura 19: Mapa de duração média de alarmes, todos os tipos, e situação do setor **Fonte:** Elaborado pelo autor.

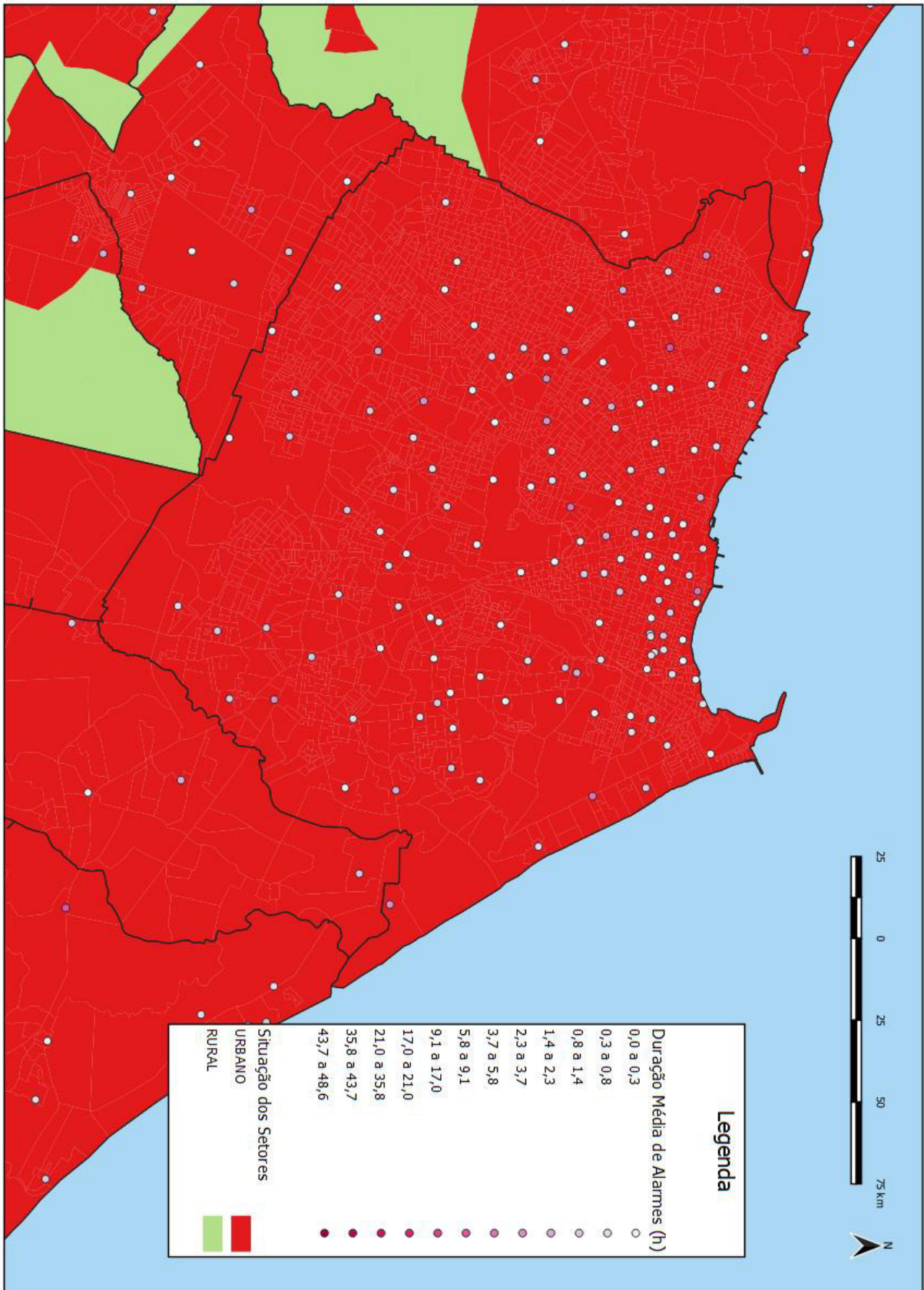


Figura 20: Mapa de duração média de alarmes, todos os tipos, e situação do setor, em Fortaleza

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tornando a observar as distribuições dos alarmes nos horários de surgimento, agora, dividindo-os em urbanos e rurais, temos:

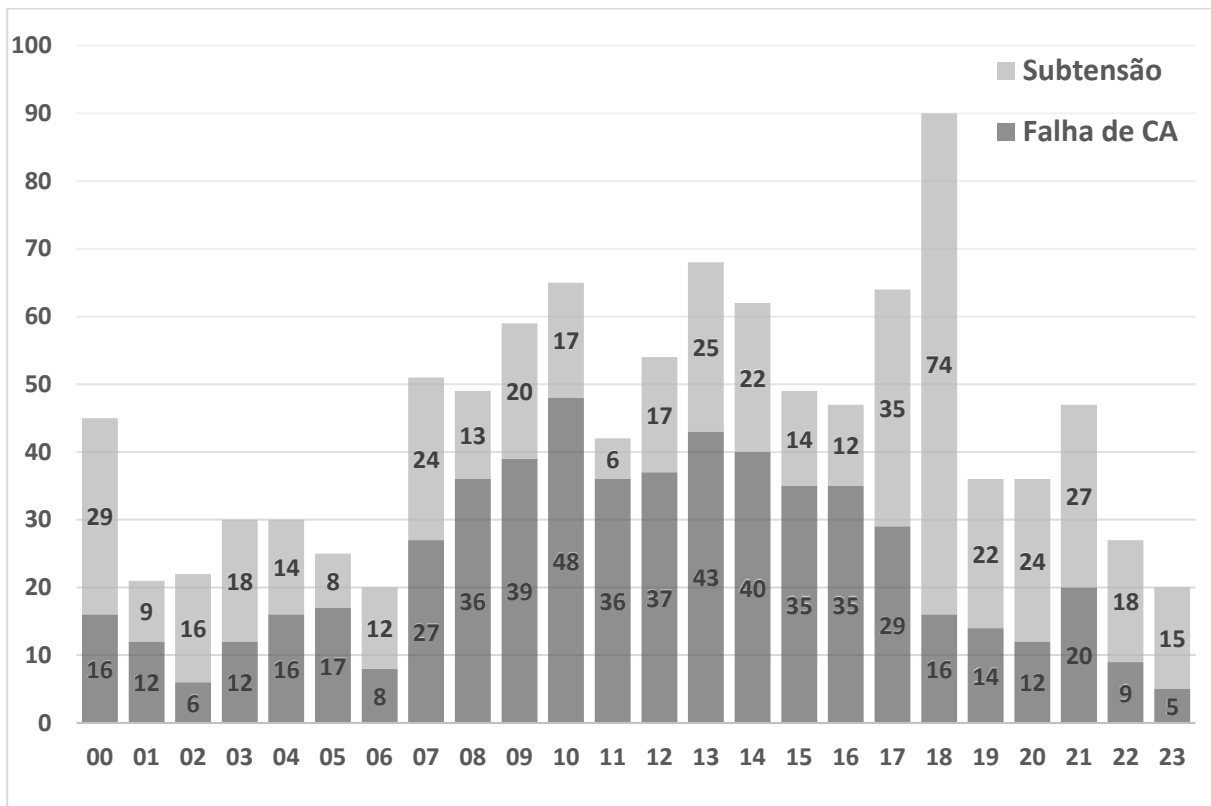


Figura 21: Contagem de alarmes por horário – Áreas Rurais. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

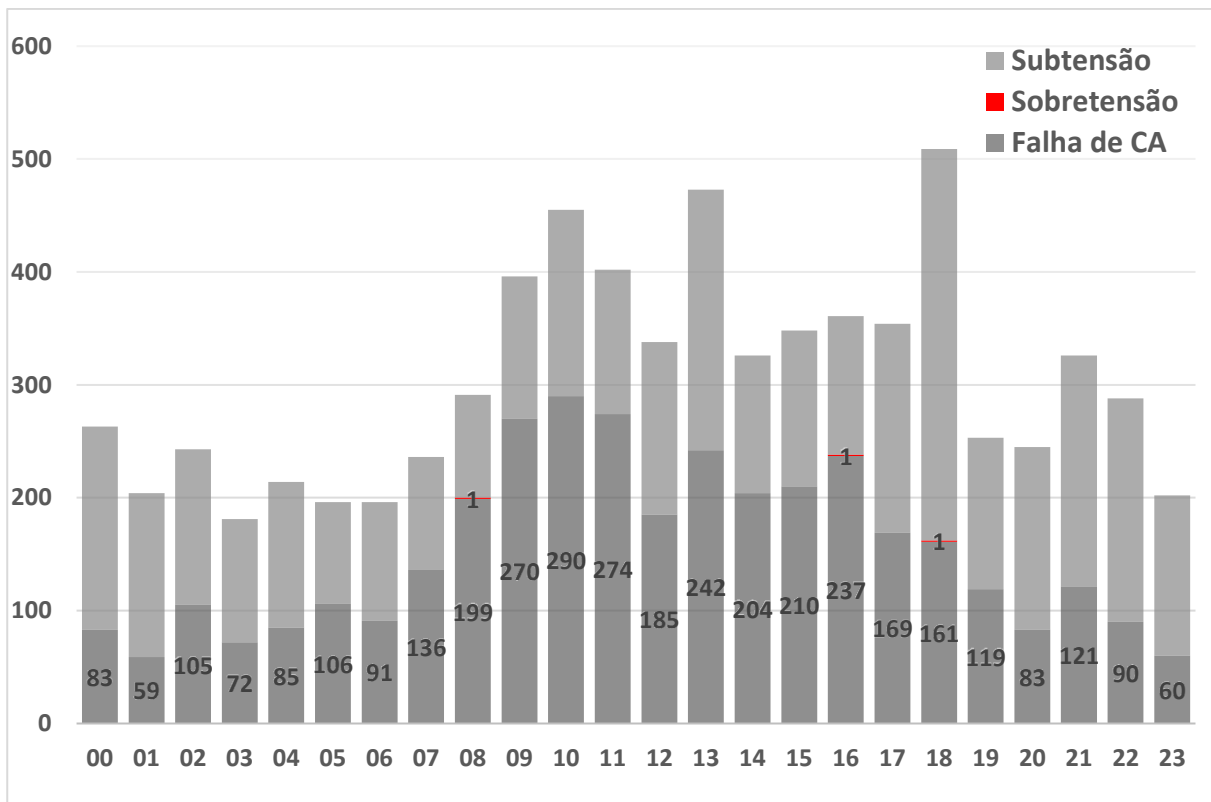


Figura 22: Contagem de alarmes por horário – Áreas Urbanas. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os gráficos acima sustentam a relação entre os horários comerciais e o surgimento das falhas, independentemente da urbanização dos pontos monitorados. Para ambas as áreas, o pico se manteve entre as 18 e as 19 horas. Já o segundo pico, entre as 13 e 14 horas, foi bem menos pronunciado na área rural.

Nos gráficos seguintes, torna-se a expor a média de duração dos alarmes, em função do horário de ocorrência, com os valores dos gráficos anteriores representados por curvas. A sutil relação com os horários comerciais, anteriormente observadas, já não pode ser alegada. Mas o destaque da duração das falhas ocorrida em torno das 10:30 se torna mis expressiva, concentradas entre as 10 e 11 horas para as áreas rurais, e distribuídas entra as 9 e as 12 horas, para as áreas urbanas.

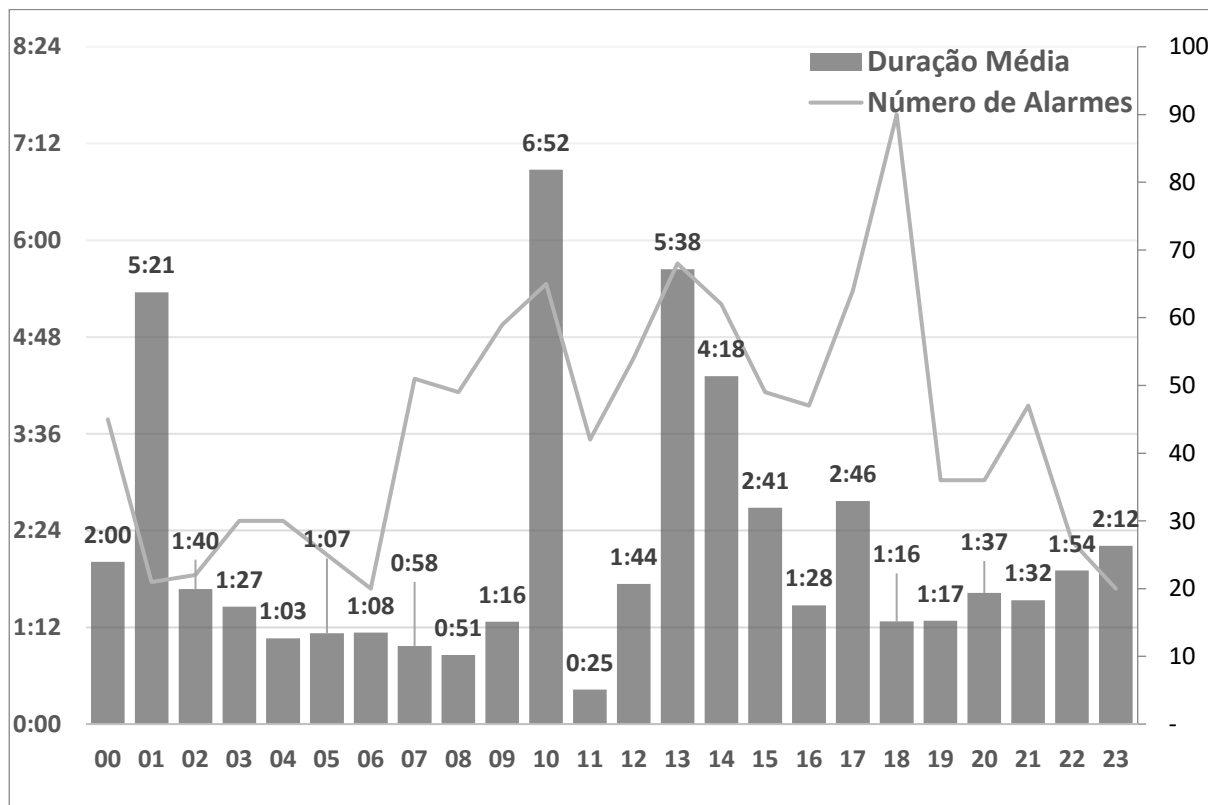


Figura 23: Média de duração dos alarmes, por horário – Áreas Urbanas. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

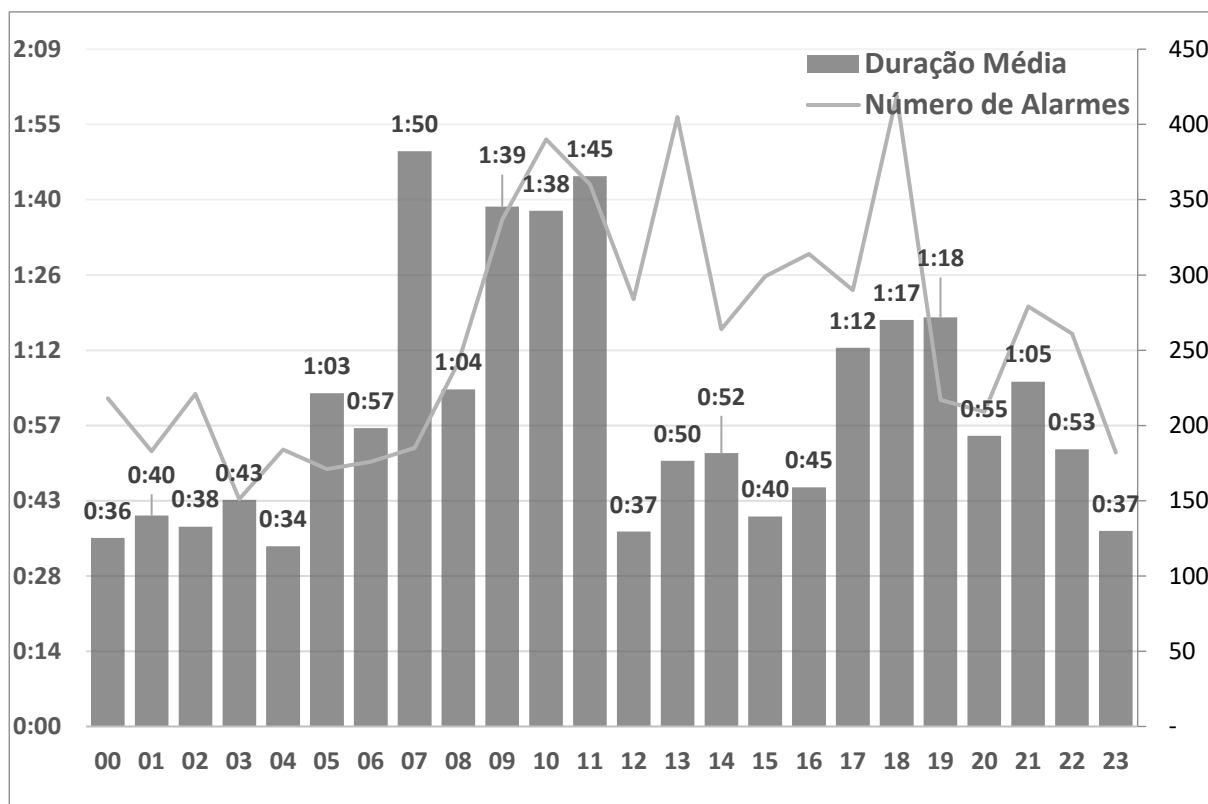


Figura 24: Média de duração dos alarmes, por horário – Áreas Urbanas. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para seguir aprofundando-se no entendimento das relações estabelecidas com as falhas de fornecimento de energia comercial, este trabalho passa a debruçar-se sobre outro conceito estabelecido pelo IBGE e fundamental à compreensão das dinâmicas sociais da Estado do Ceará, as Mesorregiões.

Define-se como Microrregião Geográfica um conjunto de municípios, contíguos e contidos na mesma Unidade da Federação, definidos com base em características do quadro natural, da organização da produção e de sua integração; e Mesorregião Geográfica como um conjunto de Microrregiões, contíguas e contidas na mesma Unidade da Federação, definidas com base no quadro natural, no processo social e na rede de comunicações e lugares. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE 2011, p 14.

Segundo esse critério, o Estado foi dividido em sete Mesorregiões, Centro-Sul Cearense; Jaguaribe; Metropolitana de Fortaleza; Noroeste Cearense; Norte Cearense; Sertões Cearenses; Sul Cearense. Cada uma destas é polarizada por uma cidade ou grupo de cidades de maior expressão econômica e cultural. Os pontos monitorados distribuem-se em tais mesorregiões, e em suas áreas rurais e urbanas, como descrito na figura a seguir.

Pontos Monitorados	Situação		
Mesorregião	Situação rural	Situação urbana	Total Geral
Centro-Sul Cearense	7	25	32
Jaguaribe	6	41	47
Metropolitana de Fortaleza	3	197	200
Noroeste Cearense	19	83	102
Norte Cearense	22	71	93
Sertões Cearenses	12	77	89
Sul Cearense	11	33	44
Total Geral	80	527	607

Figura 25: Distribuição de pontos monitorados em Mesorregiões. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Já as falhas consideradas e suas durações podem ser entendidas mediante a leitura da seguinte imagem:

Distribuição dos Alarmes em Mesorregiões					
Mesorregião, Tipo de Alarme	Contagem de Alarmes	Duração	Total	Média de Duração	Parâmetro
<input type="checkbox"/> Centro-Sul Cearense	443	967:31:25	2:11:02	3,61	
Falha de CA	197	706:49:39	3:35:17	5,93	
Subtensão	246	260:41:46	1:03:35	1,75	
<input type="checkbox"/> Jaguaribe	882	913:13:34	1:02:07	1,71	
Falha de CA	250	333:36:48	1:20:04	2,20	
Sobretensão	1	21:23:46	21:23:46	35,34	
Subtensão	631	558:13:00	0:53:05	1,46	
<input type="checkbox"/> Metropolitana de Fortaleza	2.373	1436:39:38	0:36:20	1,00	
Falha de CA	1.031	999:13:25	0:58:09	1,60	
Sobretensão	2	0:42:52	0:21:26	0,59	
Subtensão	1.340	436:43:21	0:19:33	0,54	
<input type="checkbox"/> Noroeste Cearense	1.308	2593:32:04	1:58:58	3,28	
Falha de CA	761	2143:31:49	2:49:00	4,65	
Subtensão	547	450:00:15	0:49:22	1,36	
<input type="checkbox"/> Norte Cearense	1.024	1254:57:55	1:13:32	2,02	
Falha de CA	617	965:22:26	1:33:53	2,58	
Subtensão	407	289:35:29	0:42:41	1,18	
<input type="checkbox"/> Sertões Cearenses	940	1621:14:47	1:43:29	2,85	
Falha de CA	601	1459:30:45	2:25:43	4,01	
Subtensão	339	161:44:02	0:28:38	0,79	
<input type="checkbox"/> Sul Cearense	330	321:24:13	0:58:26	1,61	
Falha de CA	194	203:29:08	1:02:56	1,73	
Subtensão	136	117:55:05	0:52:01	1,43	
Total Geral	7.300	9108:33:36	1:14:52	2,06	

Figura 26: Distribuição dos Alarmes em Mesorregiões. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

A coluna Parâmetro mostra a proporção entre a Média de Duração da linha em questão e a média de duração total da Mesorregião Metropolitana de Fortaleza. Verifica-se facilmente que todas as outras mesorregiões apresentaram um tempo médio de presença de falhas muito

pior que o da Metropolitana. Na região com segundo melhor tempo médio, Sul Cearense, este tempo ainda foi mais de 60% maior que o da mesorregião de Fortaleza. Para o Centro-Sul Cearense, a grave desproporção é exposta pela permanência mais de três vezes e meia mais longa das falhas. Ao se considerar a estratificação pelo tipo de alarme, vê-se que, em nenhuma mesorregião, nenhum tipo de ocorrência teve solução mais rápida que a apresentada na região da capital.

Os mapas a seguir exibem os pontos onde os alarmes foram gerados, os limites dos municípios e as mesorregiões do estado. É possível verificar, através deles, o adensamento dos pontos nas maiores cidades, bem como presença de municípios sem sequer um ponto monitorado.

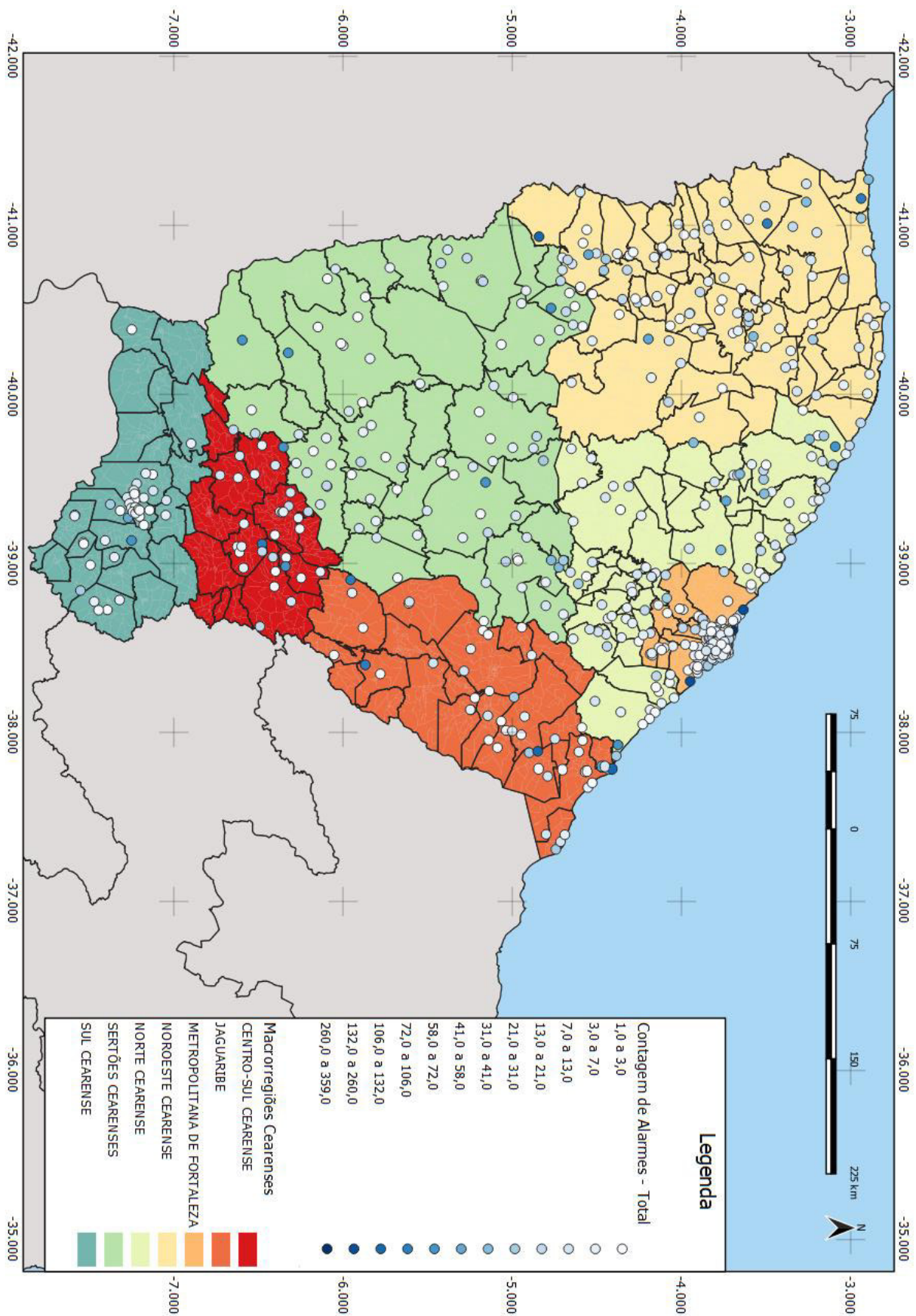


Figura 27: Mapa de Contagem de alarmes, todos os tipos, e Mesorregiões **Fonte:** Elaborado pelo autor.

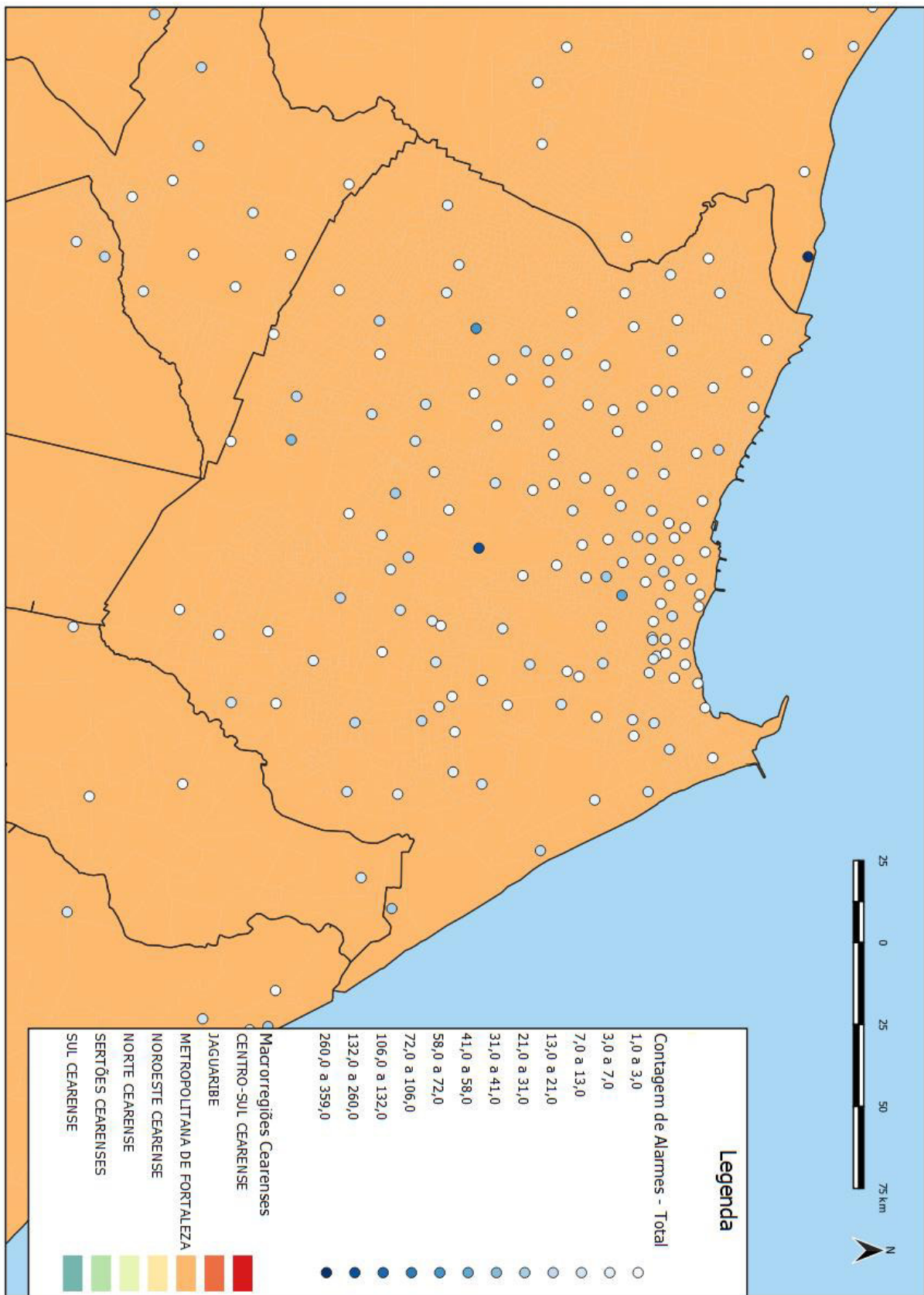


Figura 28: Mapa de contagem de alarmes, todos os tipos, em Fortaleza **Fonte:** Elaborado pelo autor.

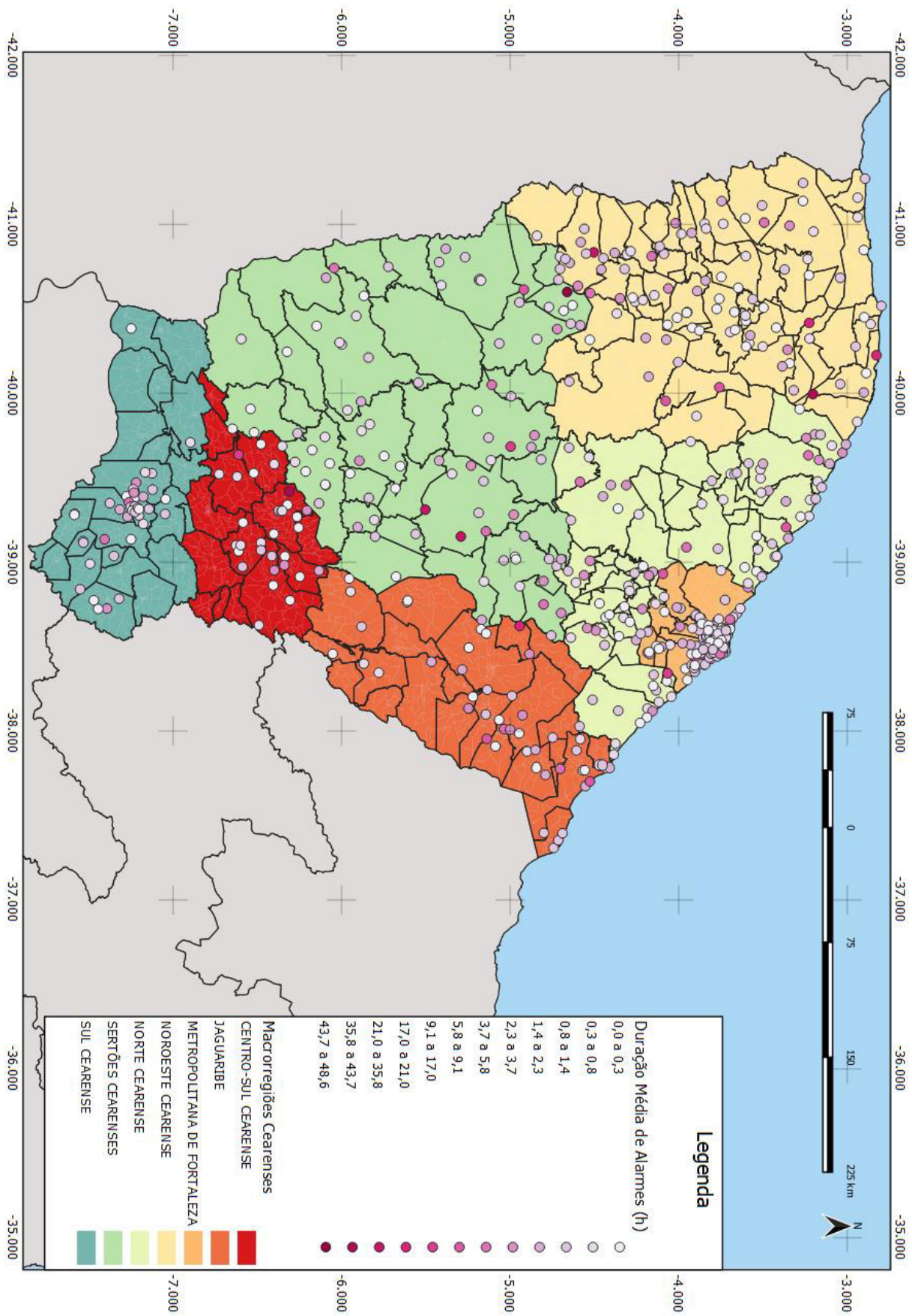


Figura 29: Mapa de Duração média de alarmes, todos os tipos, e Mesorregiões Fonte: Elaborado pelo autor.

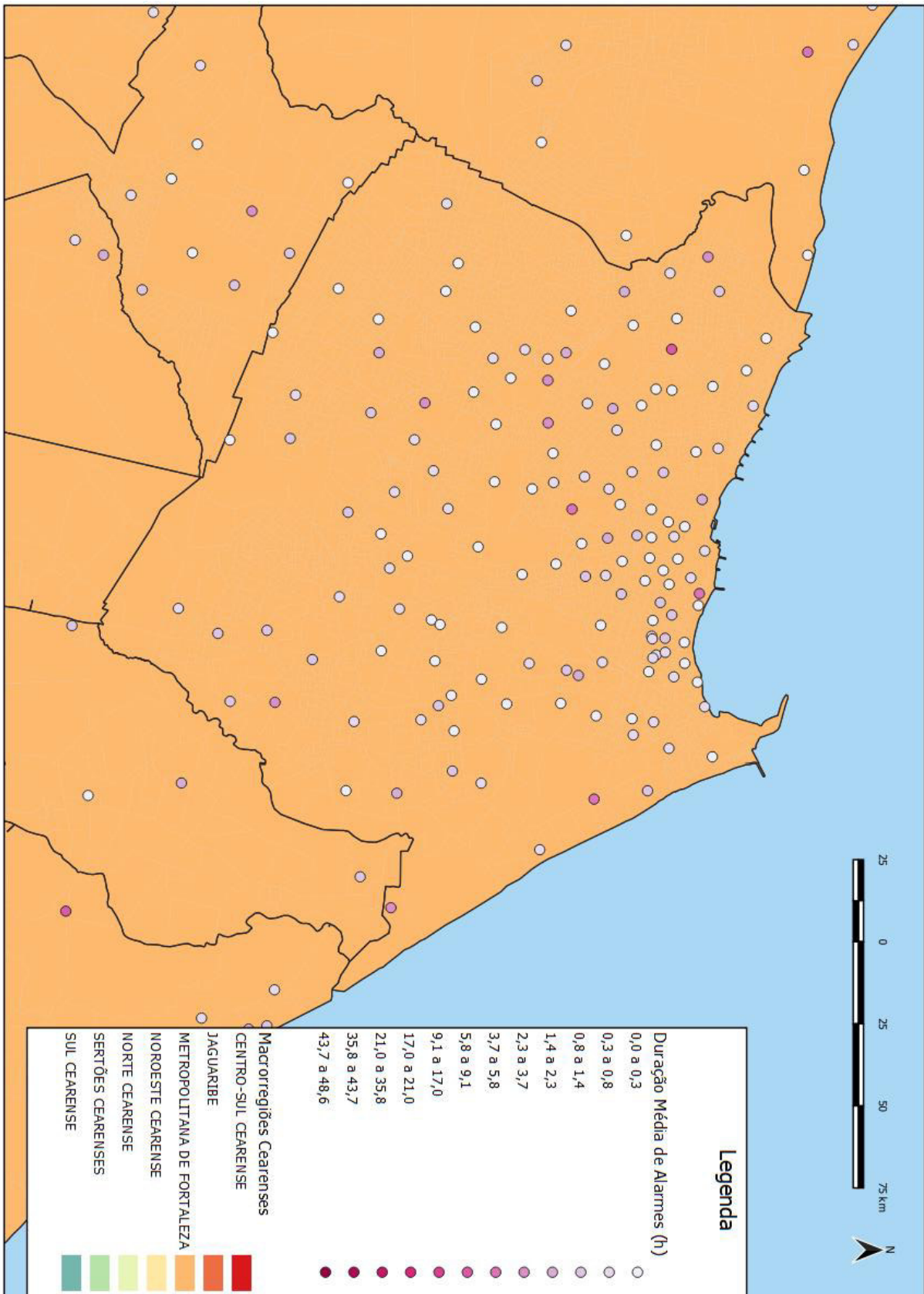


Figura 30: Mapa de Duração média de alarmes, todos os tipos, em Fortaleza **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Retomamos, então, a avaliação dos grupos de duração das falhas, em função das mesorregiões:

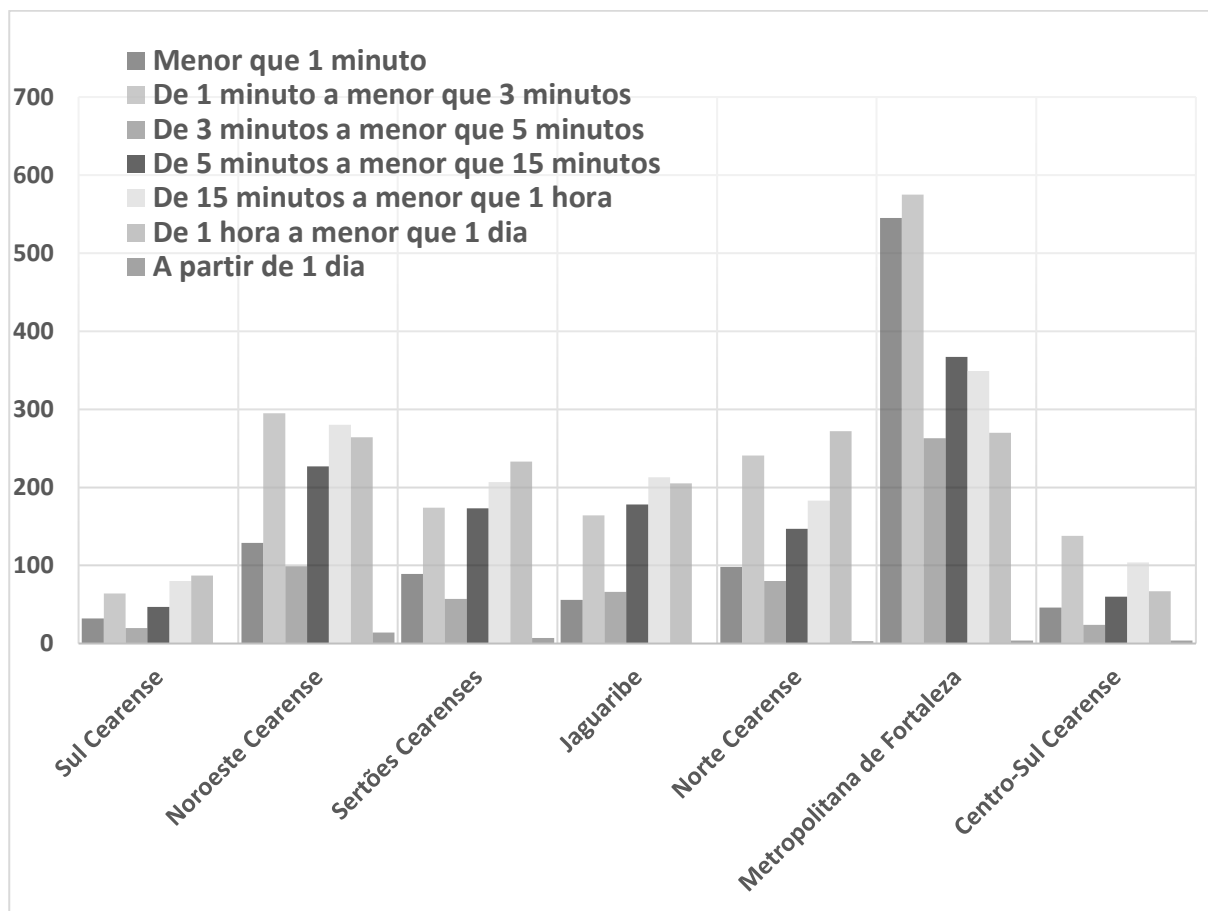


Figura 31: Contagem de Alarmes por Duração, por Mesorregião - Gráfico **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Grupos de Duração	Contagem de Alarmes por Duração, por Mesorregião							Total Geral	% de Alarmes com DUR>15 min
	Menor que 1 minuto	De 1 minuto a menor que 3 minutos	De 3 minutos a menor que 5 minutos	De 5 minutos a menor que 15 minutos	De 15 minutos a menor que 1 hora	De 1 hora a menor que 1 dia	A partir de 1 dia		
Sul Cearense	32	64	20	47	80	87		330	35%
Noroeste Cearense	129	295	99	227	280	264	14	1.308	40%
Sertões Cearenses	89	174	57	173	207	233	7	940	34%
Jaguaribe	56	164	66	178	213	205		882	32%
Norte Cearense	98	241	80	147	183	272	3	1.024	41%
Metropolitana de Fortaleza	545	575	263	367	349	270	4	2.373	58%
Centro-Sul Cearense	46	138	24	60	104	67	4	443	47%
Total Geral	995	1.651	609	1.199	1.416	1.398	32	7.300	45%

Figura 32: Contagem de Alarmes por Duração, por Mesorregião - Tabela **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Coerentemente, a Mesorregião Metropolitana de Fortaleza destaca-se por ter a maior proporção de alarmes de curta duração. Como verificado no campo “% de Alarmes com DUR>15 min”, esta é a única região em que mais da metade das falhas foram corrigidas em menos de quinze minutos. Na observação dos alarmes por hora da ocorrência, temos:

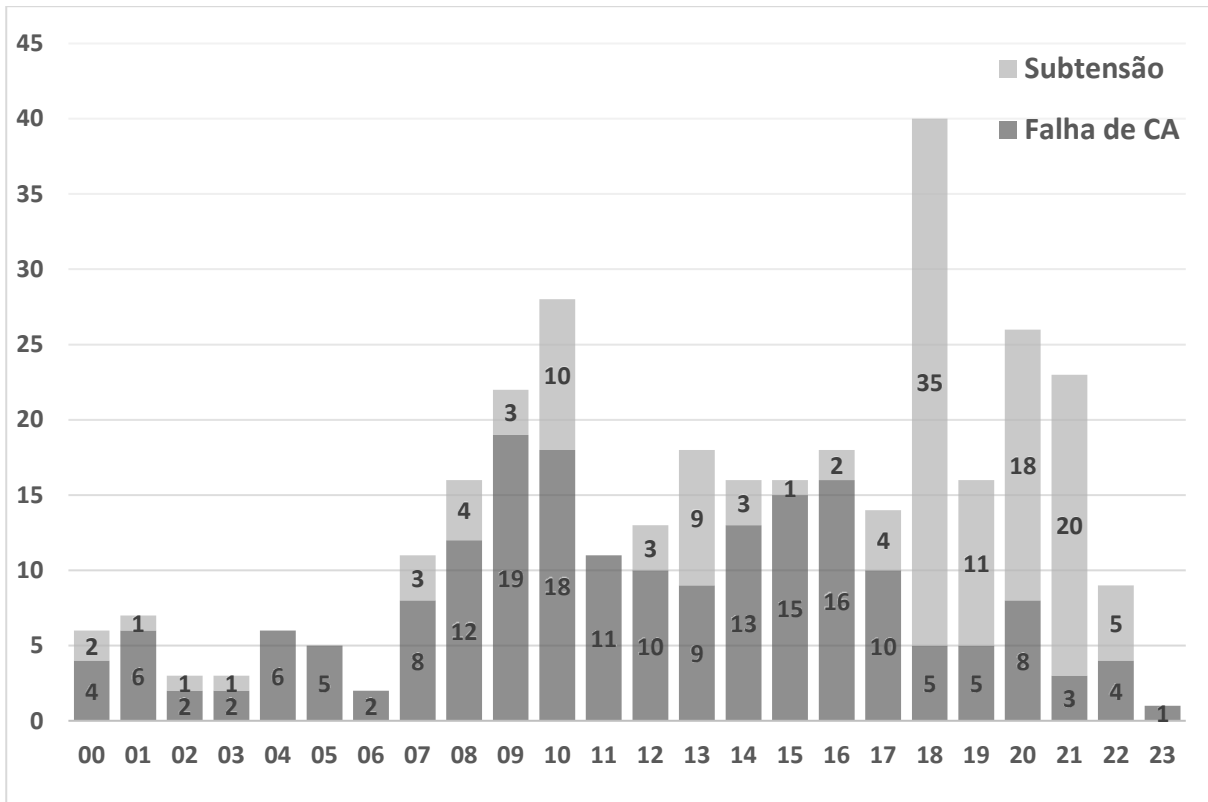


Figura 33: Alarmes, por hora da ocorrência - Sul Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

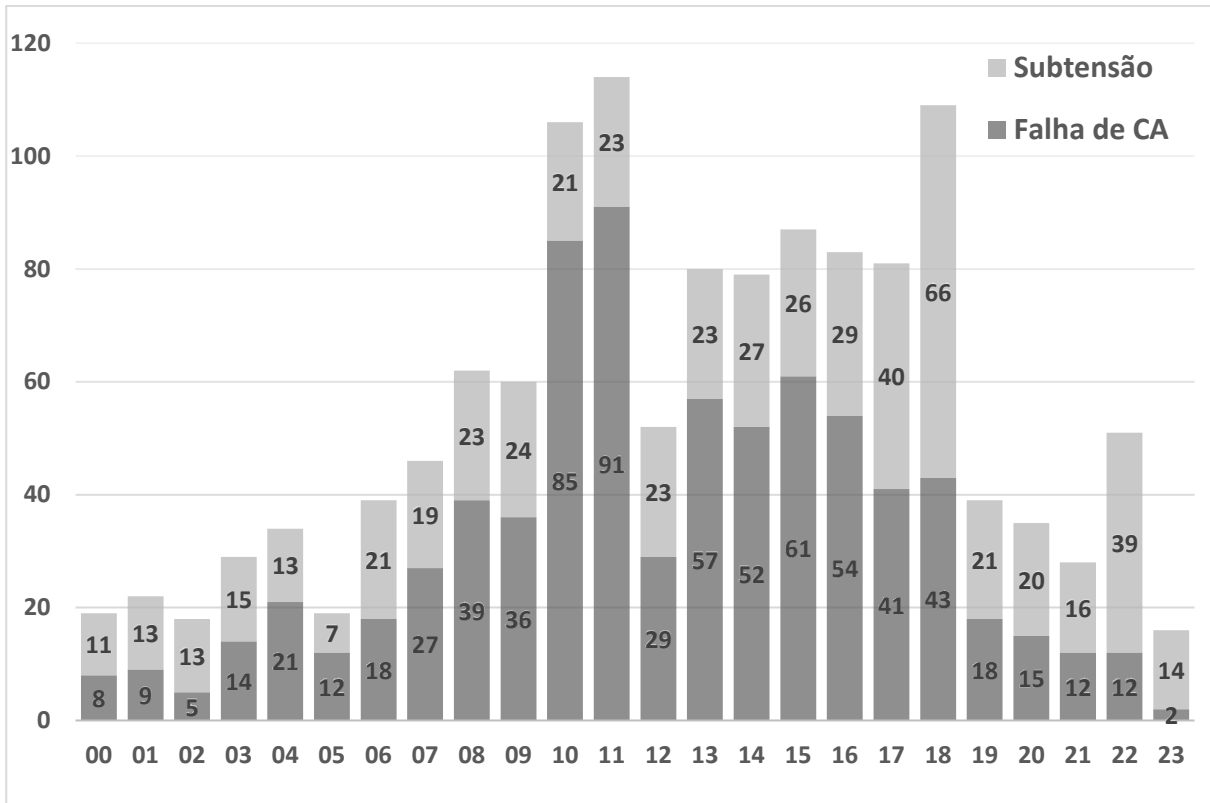


Figura 34: Alarmes, por hora da ocorrência – Noroeste Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

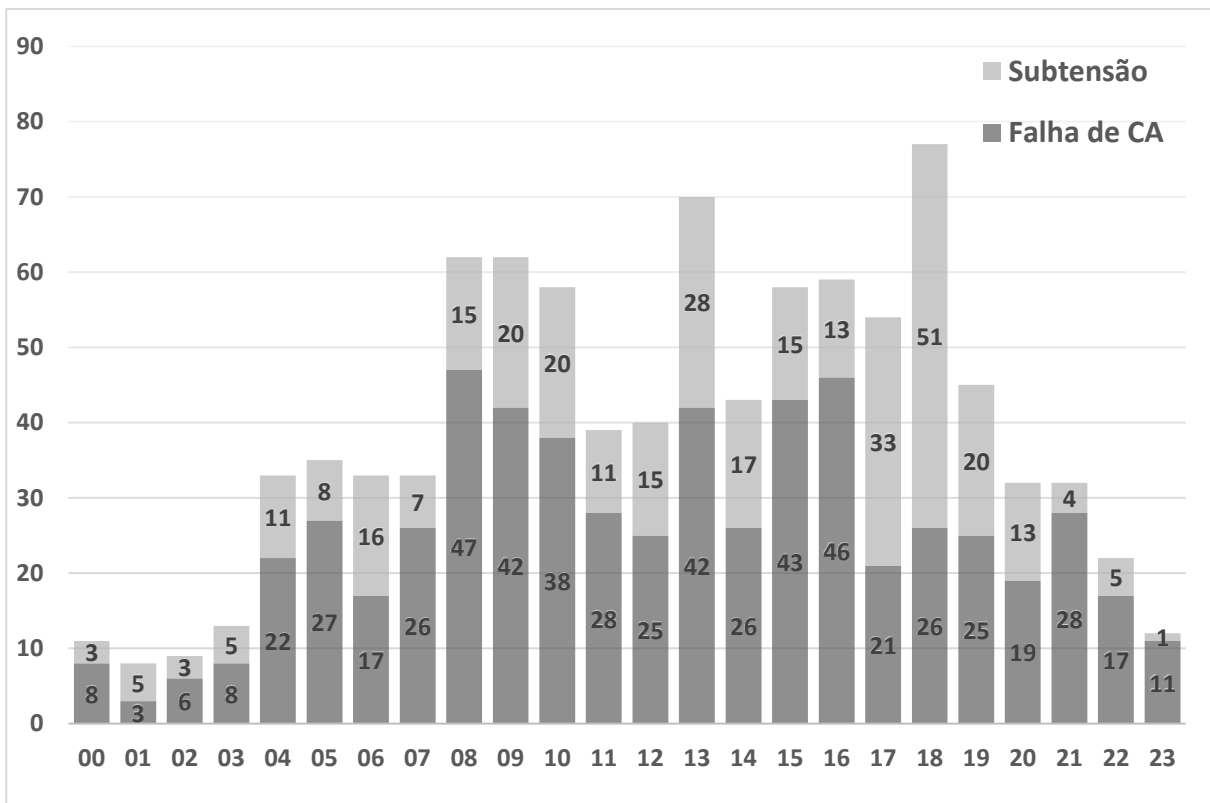


Figura 35: Alarmes, por hora da ocorrência - Sertões Cearenses **Fonte:** Elaborado pelo autor.

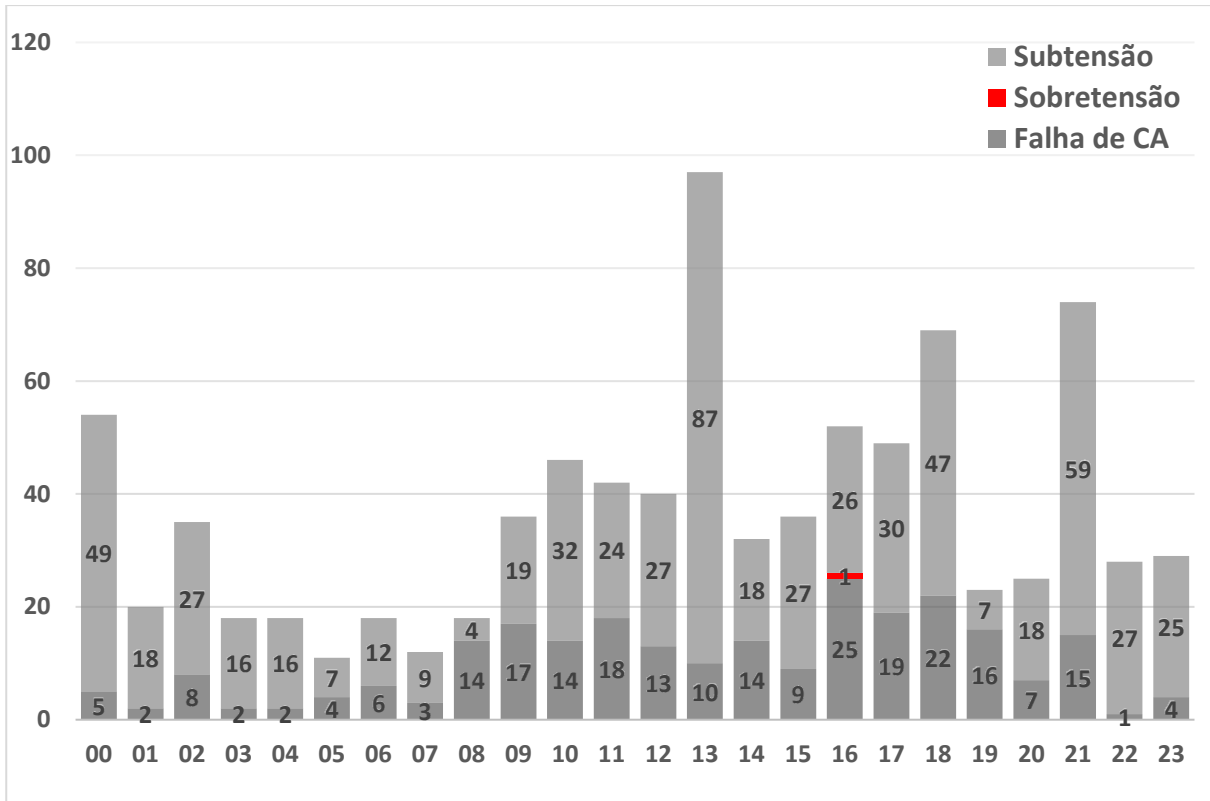


Figura 36: Alarmes, por hora da ocorrência – Jaguaribe **Fonte:** Elaborado pelo autor.

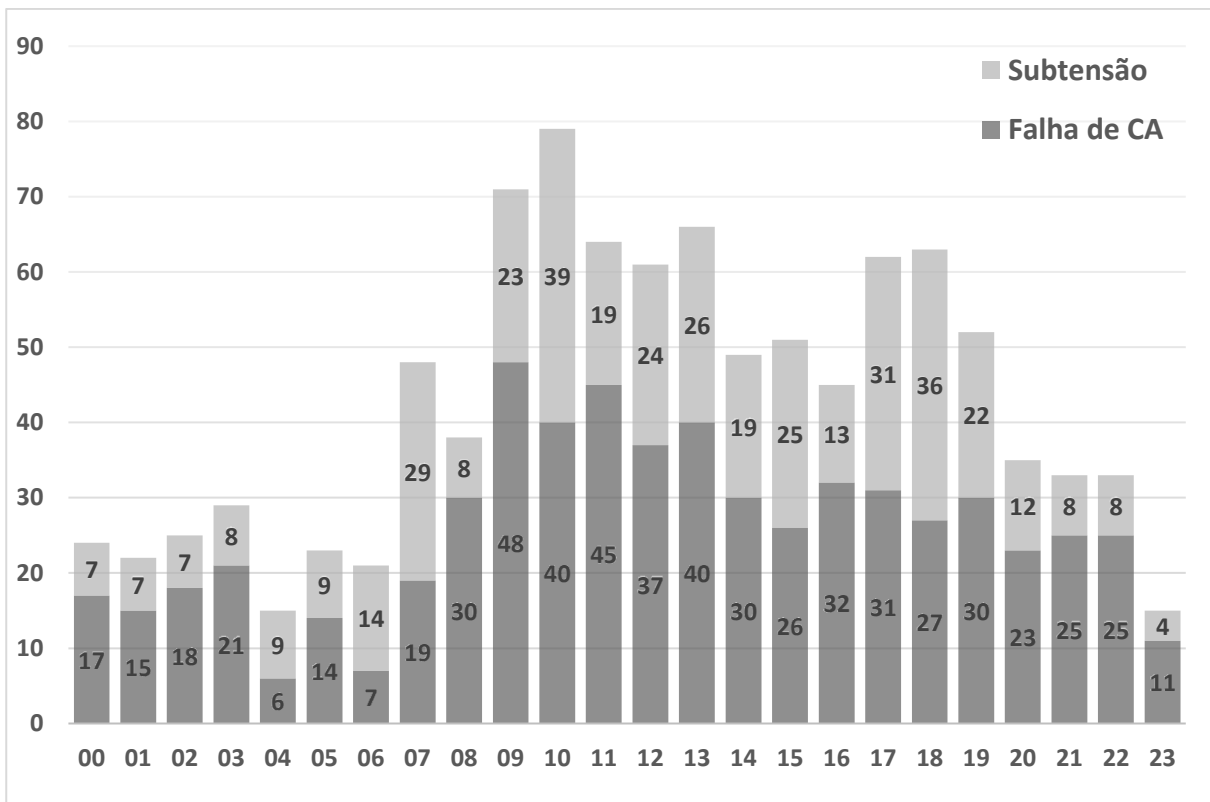


Figura 37: Alarmes, por hora da ocorrência - Norte Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

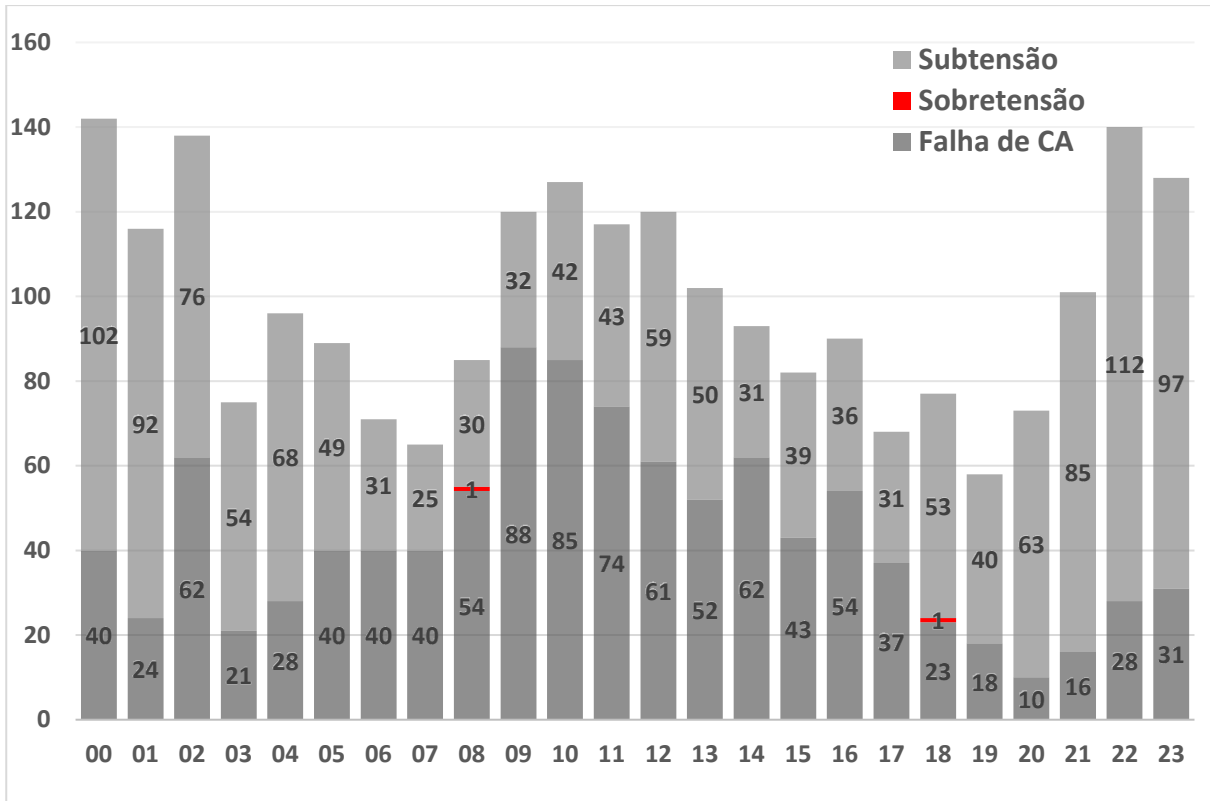


Figura 38: Alarmes, por hora da ocorrência - Metropolitana de Fortaleza **Fonte:** Elaborado pelo autor.

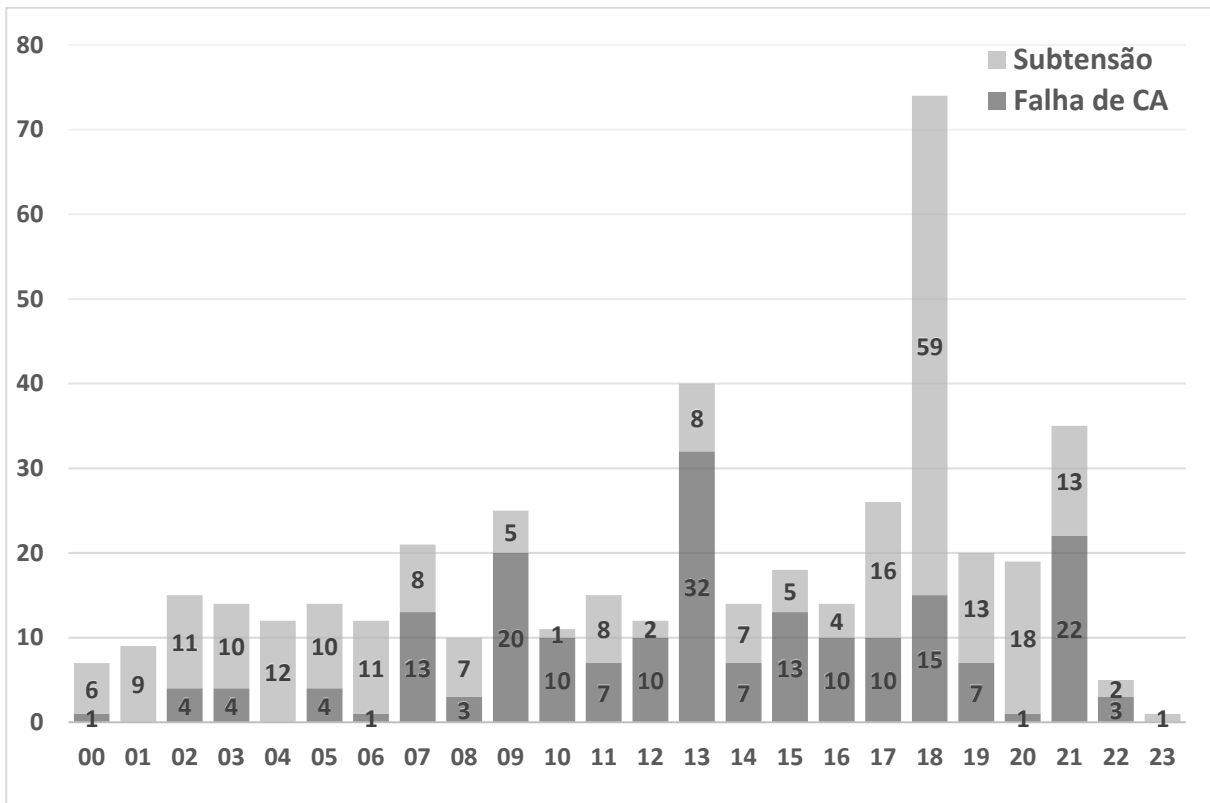


Figura 39: Alarmes, por hora da ocorrência - Centro-Sul Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

As relações com os horários comerciais foram notórias para as mesorregiões Noroeste Cearense, Sertões Cearenses e Norte Cearense. O maior pico se manteve o a partir das 18 horas para os Sul Cearense, Sertões Cearenses e Centro-Sul Cearense, tendo o Centro-Sul Cearense apresentado o pico mais desequilibrado entre as sete mesorregiões. O Noroeste Cearense demonstrou refletir a sensibilidade das faixas das 18 e 10 horas, mas a das 11 horas assumiu o maior pico. No Jaguaribe, destacou-se a faixa das 13 horas, e a das 10 horas, no Norte Cearense. A Mesorregião Metropolitana de Fortaleza apresentou destacados volumes de falhas durante a noite e madrugada, tendo registrado o pico de frequência a partir das 0 horas.

Em sequência, expõe-se as médias de duração das falhas, em função do horário de ocorrência, com os valores dos gráficos anteriores representados por curvas.

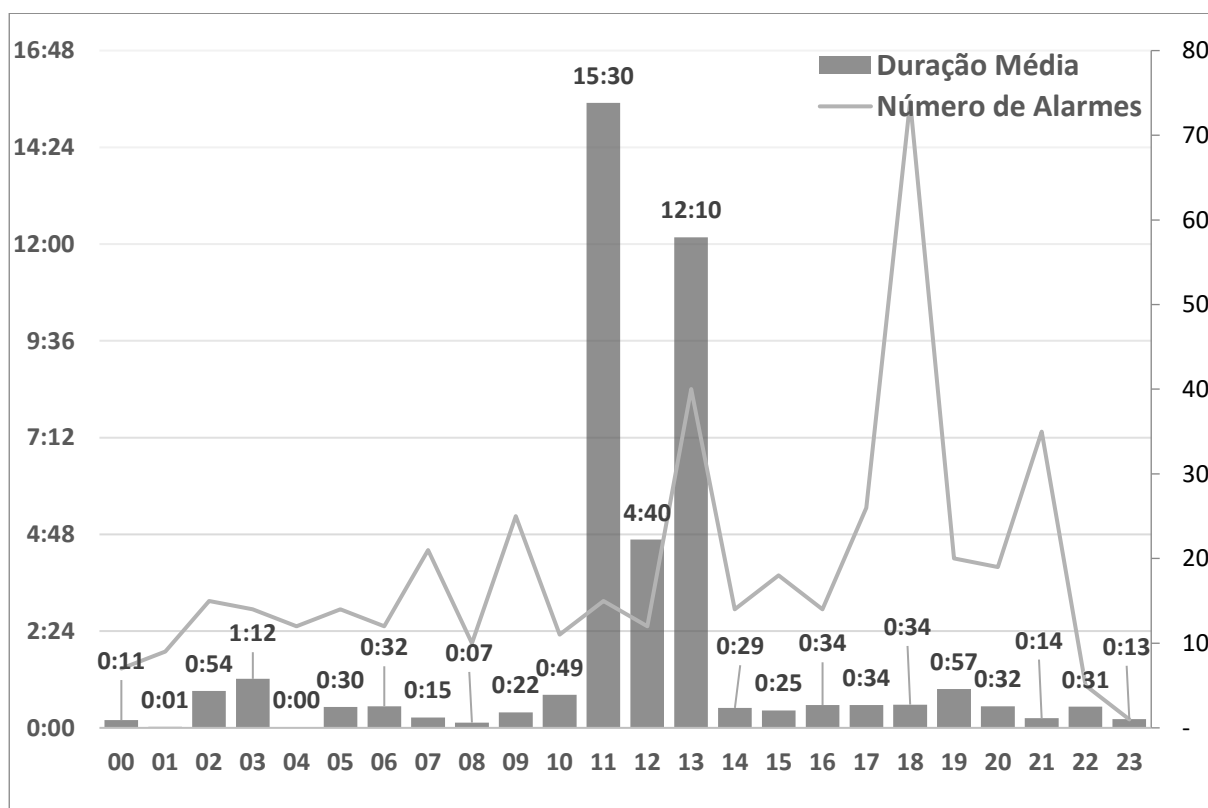


Figura 40: Média de duração dos alarmes, por horário – Centro-Sul Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

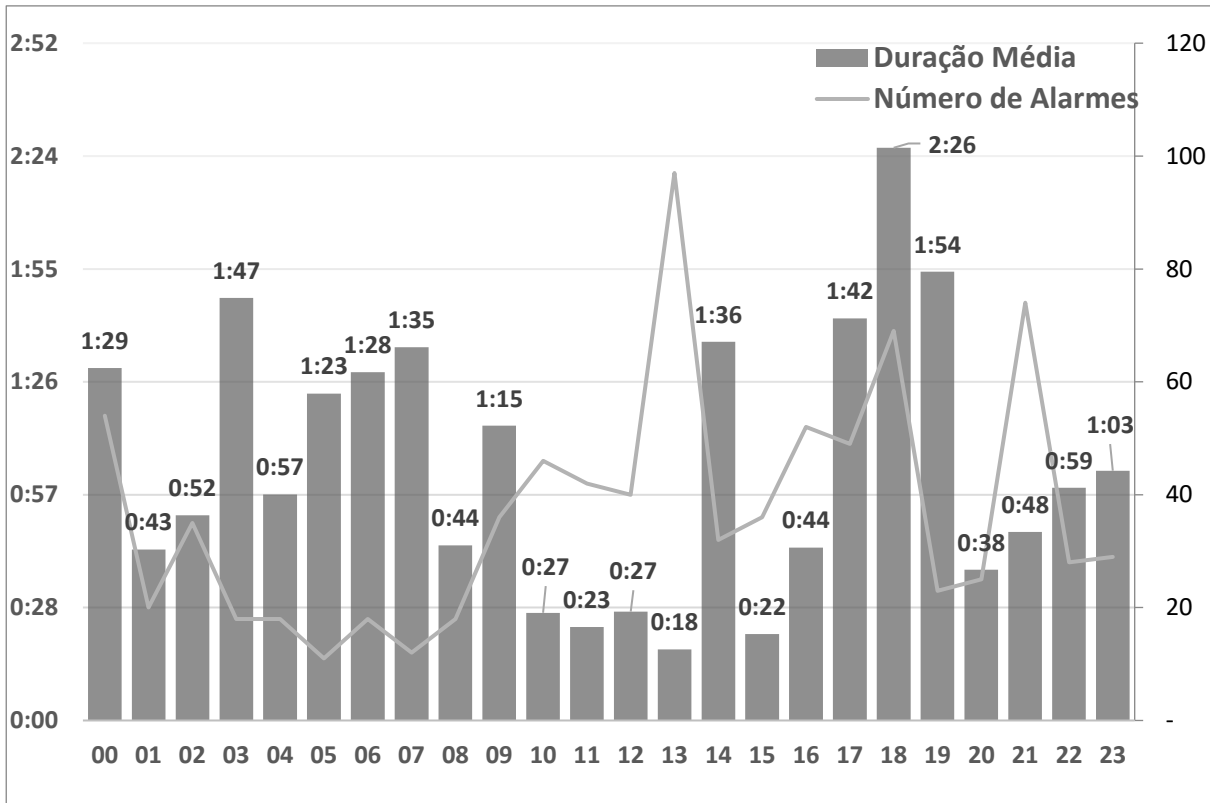


Figura 41: Média de duração dos alarmes, por horário – Jaguaribe **Fonte:** Elaborado pelo autor.

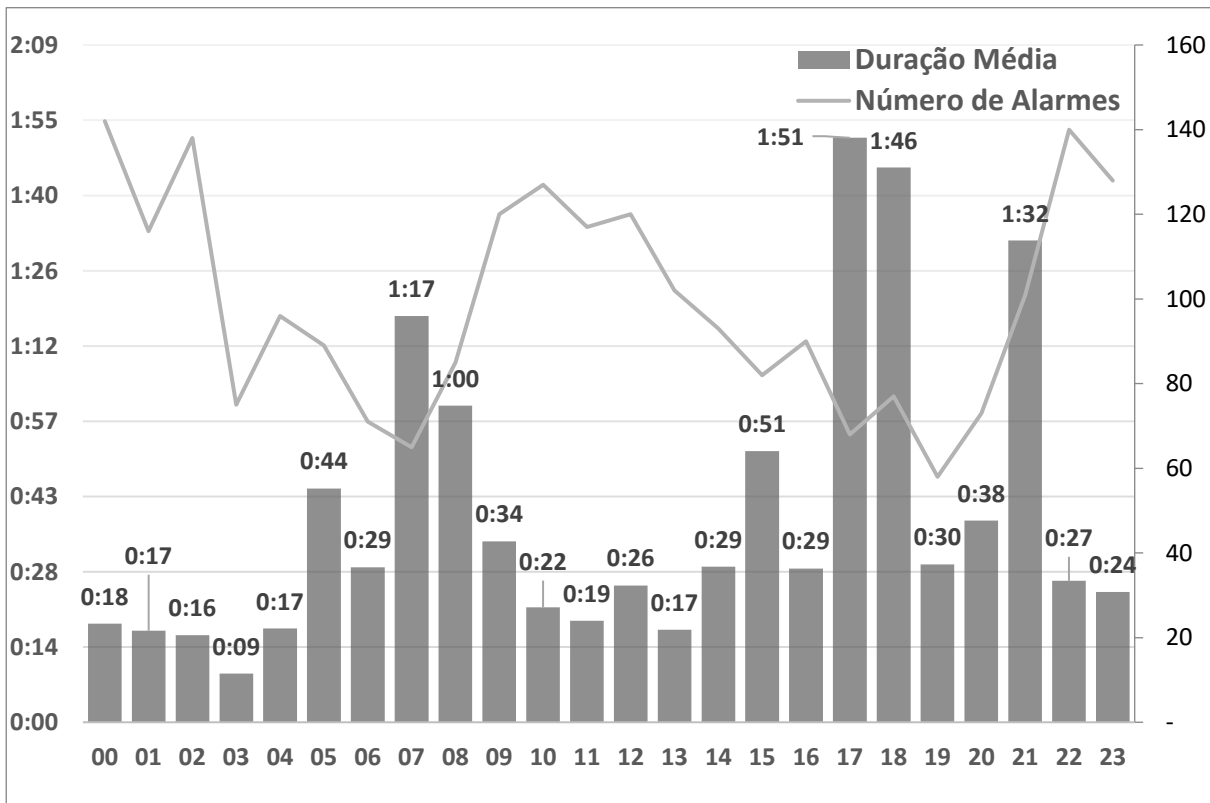


Figura 42: Média de duração dos alarmes, por horário– Metropolitana de Fortaleza **Fonte:** Elaborado pelo autor.

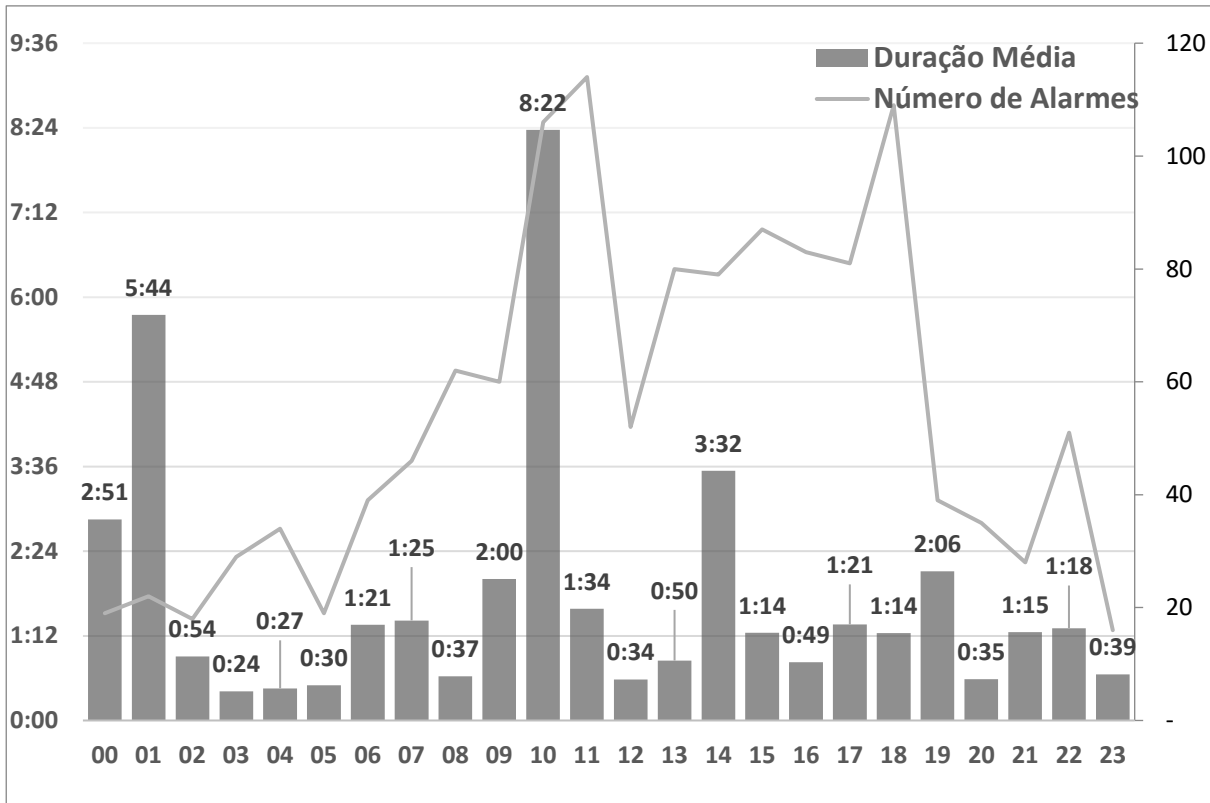


Figura 43: Média de duração dos alarmes, por horário – Noroeste Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

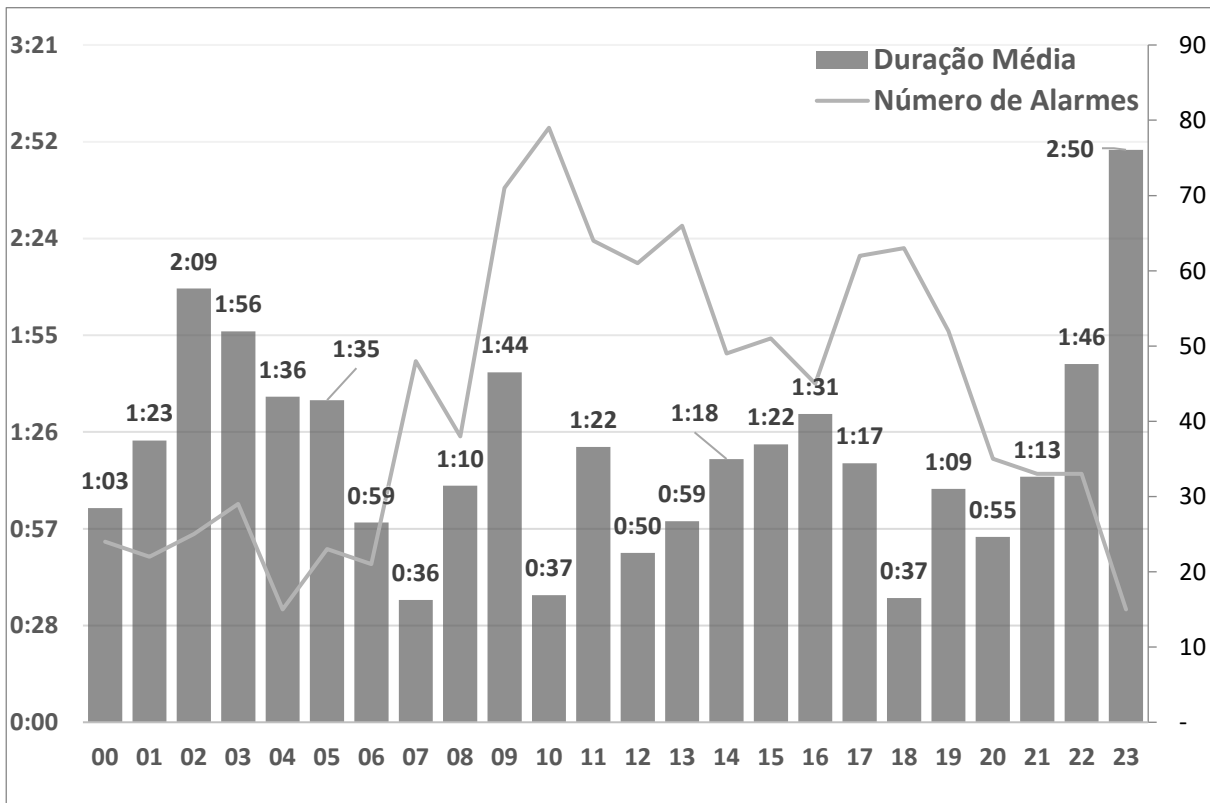


Figura 44: Média de duração dos alarmes, por horário – Norte Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

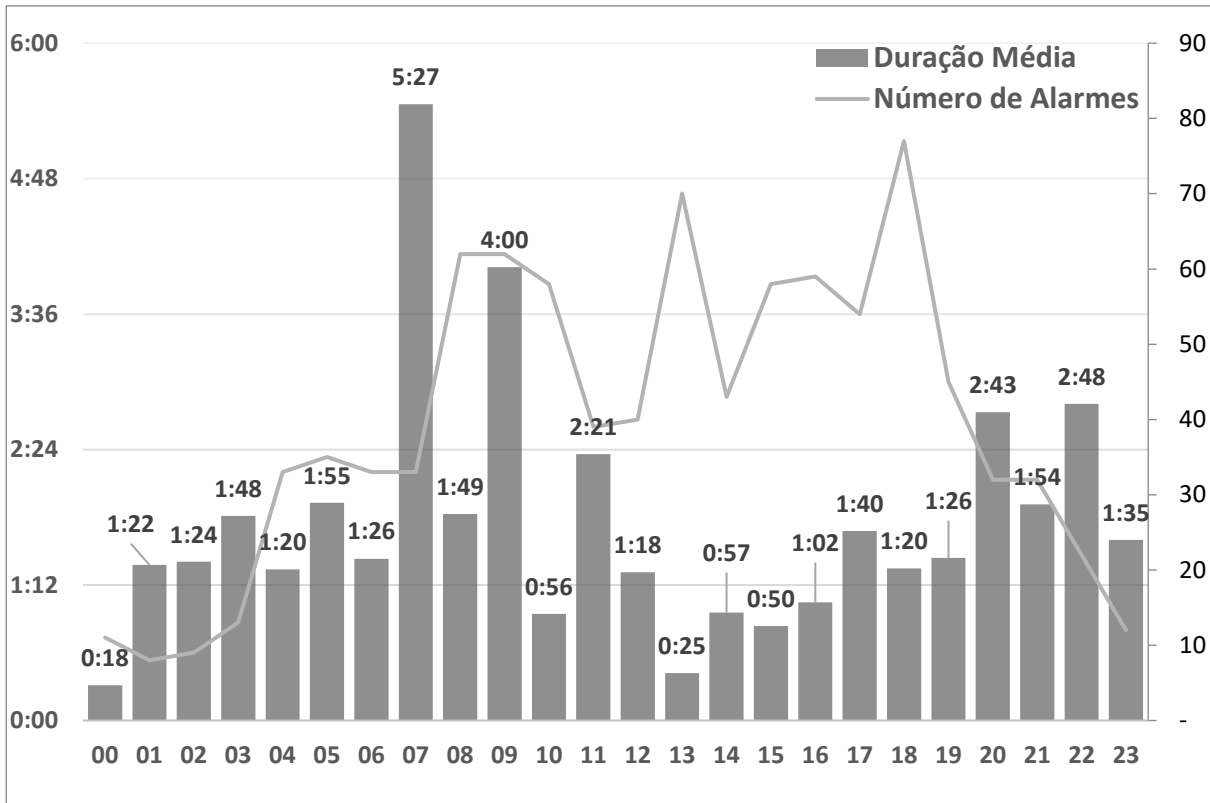


Figura 45: Média de duração dos alarmes, por horário – Sertões Cearenses **Fonte:** Elaborado pelo autor.

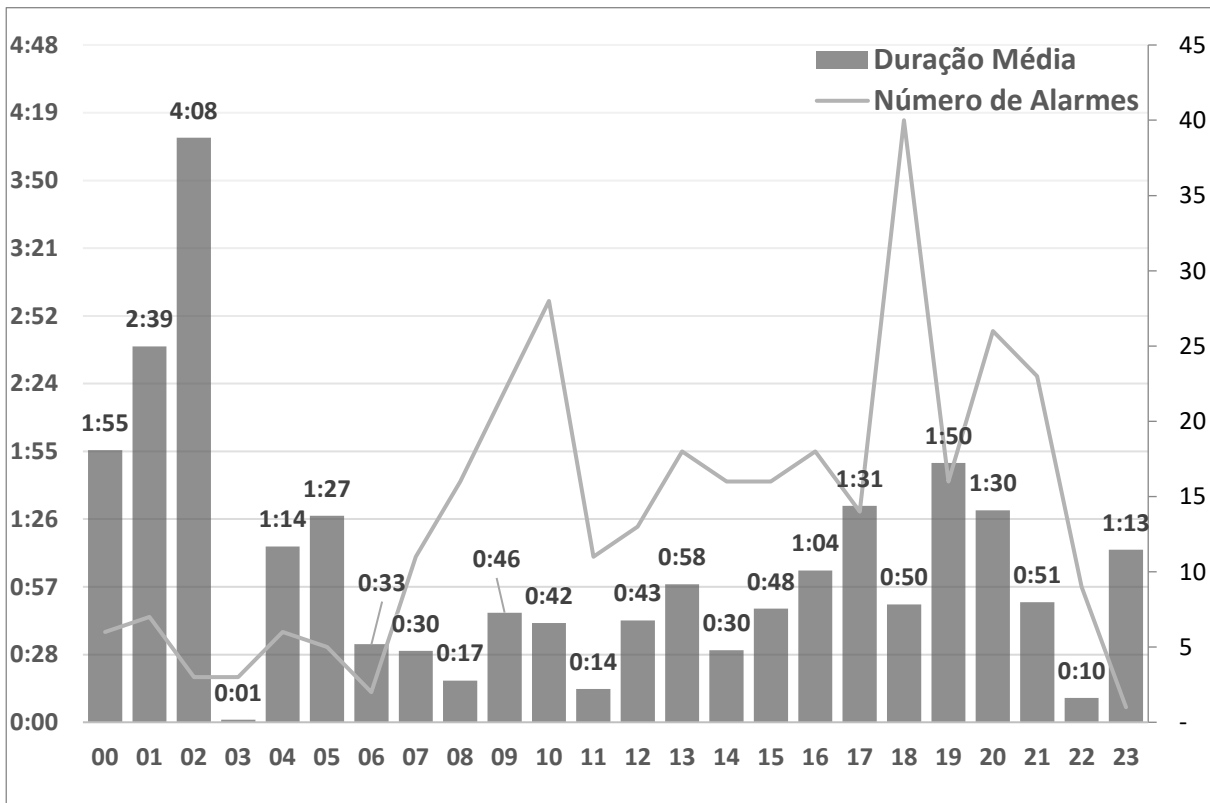


Figura 46: Média de duração dos alarmes, por horário – Sul Cearense **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Destaca-se o gráfico do Centro-Sul Cearense, onde a permanência das falhas ocorridas nos horários de almoço foram extremamente mais altas que nos demais. O Jaguaribe teve a pior média de duração para a faixa das 18 horas, faixa superada apenas pela de 17 horas para a Metropolitana de Fortaleza. Também se destaca o Noroeste Cearense, tendo o expressivo resultado de 106 falhas, com duração média superior a oito horas, na faixa das 10 horas. O pior tempo de solução das falhas, para o Norte Cearense, foi na faixa de 23 horas, onde se registrou a sua menor frequência de alarmes. Os Sertões Cearenses tiveram seus piores tempos na faixa das 7 horas e o Sul Cearense, na das 2 horas. Além do Noroeste Cearense, apenas os Sertões Cearenses tiveram média de permanência de falhas superior a uma hora em seu horário de maior frequência de ocorrências.

Com este rico acervo de representações e indicações sobre as distribuições e permanências das falhas de fornecimento de energia comercial consideradas neste estudo, passaremos a análises estatisticamente mais complexas das correlações entre suas grandezas e as variáveis socioeconômicas providas pelo IBGE.

5. Correlação A Dados Socioeconômicos

Com este capítulo, objetiva-se explorar mais um dos muitos caminhos, para a análise de falhas de fornecimento de energia comercial, descortinados pela disponibilidade de um conjunto de dados tão amplo e confiável. Os dados consolidados dos alarmes foram comparados às mais diversas variáveis socioeconômicas publicadas pelo IBGE, relativas ao seu último censo. Cada vetor relativo às falhas foi comparado a uma variável do Instituto, e teve calculado o seu coeficiente de correlação com esta. Para o entendimento de tal processo, e de suas implicações, é fundamental uma breve exposição sobre os métodos estatísticos empregados.

Na Engenharia Elétrica, como em toda a ciência, a busca pelo conhecimento demanda descobertas acerca dos comportamentos dos mais diversos sistemas. A interpretação de tais sistemas se apresenta como um desafio à parte. Equacioná-los, determinar quais grandezas se relacionam, como se influenciam e quais são, de fato, independentes, são etapas fundamentais e, por vezes, desafiadoras. A Estatística oferece, a quem encara esse desafio, vários métodos de comparação, entre duas ou mais dimensões, para a investigação de sua interdependência. Para

este estudo, em que o número de variáveis observadas é alto, convém o emprego de um método para estudo de correlações no qual não seja necessário, a princípio, entender como os vetores estão relacionados. Aliando a esta característica sua ampla difusão no meio acadêmico de Engenharia e sua relativa simplicidade matemática, o coeficiente de correlação de Pearson despontou e foi o método eleito pelo autor.

Evitando a tecnicidade de muitas das fontes, e optando pela abordagem “a partir de uma lógica intuitiva” de Filho e Júnior, definiu-se o conceito: “Em uma frase: o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis.” Filho, Júnior (2009, p.118)

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right)$$

Figura 47: Fórmula do coeficiente de correlação de Pearson (r) **Fonte:** Filho, Júnior (2009, p.118).

Por sua vez, o que uma medida de associação linear significa está atrelado a dois conceitos, associação e linearidade:

Em termos estatísticos, duas variáveis se associam quando elas guardam semelhanças na distribuição dos seus escores. Mais precisamente, elas podem se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância. No caso da correlação de Pearson (r) vale esse último parâmetro, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis. Por outro lado, o modelo linear supõe que o aumento ou decréscimo de uma unidade na variável X gera o mesmo impacto em Y. FILHO, JÚNIOR (2009, p.118,119).

Em termos ainda mais práticos, o coeficiente de correlação (r) é um valor, variando de “-1” a “1”, que busca expressar se há indícios estatísticos de proporção entre duas amostras. As amostras em questão precisam ser de mesmo tamanho e associáveis. Por exemplo, a duração média das falhas pode ser comparada ao número de habitantes quando cada um dos dois é referido a um setor censitário. Assim, dispondo de “n” registros de durações médias de falhas, cada um associado a um de “n” setores, e cada um desses “n” setores referenciando um número de habitantes, pode-se calcular “r” entre os vetores de duração e habitantes.

A interpretação do grau de correlação indicado pelas faixas de valores possíveis para “r” também não é unívoca, na literatura. Há consenso quanto à interpretação dos valores extremos: “-1”, indicando que as grandezas são linearmente e inversamente proporcionais; “0”, indicando a ausência de relação e “1”, indicando a linearidade diretamente proporcional. As divisões das faixas entre tais extremos, porém, são bastante divergentes. Para este estudo, foi adotada a divisão descrita para Cohen (1988), “valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.” Apud Filho, Júnior (2009, p.119)

Assim, não nos deteremos em aprofundadas interpretações sobre valores específicos do coeficiente, posto que, para tal, seria necessário um esclarecimento detalhado de suas propriedades. As correlações entre as grandezas serão apontadas como pequenas, médias ou grandes, conforme a faixa em que “r” incida.”

Compuseram-se, então, nove grupos de dados das falhas para a realização das comparações. Para a contagem do número de ocorrências, a soma e a média das durações das falhas do tipo interrupção, FCA - Contagem de Alarmes, FCA - Soma de Durações e FCA - Duração média. Para o tipo de falha subtensão, Sub - Contagem de Alarmes, Sub - Soma de Durações e Sub - Duração média. Como os alarmes registrados para as falhas de sobretensão foram apenas três, eles não foram tratados separadamente, neste segmento, mas computados no total com os dois tipos anteriores em Tot - Contagem de Alarmes, Tot - Soma de Durações e Tot - Duração média.

Para cada um dos 607 setores censitários considerados, foram reunidas as mais de 4.056 variáveis diferentes, apresentadas nos 26 arquivos disponibilizados pelo IBGE. Destas, foram selecionadas as 1.741 variáveis consideradas aplicáveis por associarem valores numéricos diferentes de zero para pelo menos 400 dos setores em questão. Calculou-se, então, o coeficiente de correlação de Pearson entre cada vetor de falhas e cada vetor censitário selecionado.

Duas variáveis socioeconômicas se destacaram, nesta etapa, apresentando correlação média com a duração média das falhas de subtensão: “Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água” e “Domicílios particulares permanentes do tipo casa com outra forma de abastecimento de água”. Utilizaremos essas duas variáveis com exemplo, para ilustrarmos melhor como são organizadas as tabelas do IBGE.

As 26 tabelas do Instituto, para o Ceará são divididas por tema. Uma, intitulada “Basico_CE”, apresenta dados gerais de cada setor censitário, como município, região e macrorregião. As tabelas “Domicilio01_CE” e “Domicilio02_CE” trazem informações com enfoque nas habitações interiores ao setor, como o número total de domicílios, o de domicílios tipificados como casa ou apartamento, o de domicílios próprios, alugados, ou cedidos pelo empregador. As tabelas “Responsavel01_CE” e “Responsavel02_CE” dedicam-se a descrever a pessoa financeiramente responsável por cada domicílio, informando quantos destes são de cada sexo, faixa etária, são ou não alfabetizados. As tabelas “Pessoa01_CE” a “Pessoa13_CE” estendem essa descrição para todas as pessoas que habitam o setor, informando, por exemplo, quantas mulheres, alfabetizadas com 76 anos de idade lá residem, ou quantos residentes de cor

parda tem entre 40 e 44 anos de idade. O arquivo “DomicilioRenda_CE” descreve as características de renda das pessoas, agrupadas em domicílios, como o total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes. A tabela “ResponsavelRenda_CE” caracteriza a renda do responsável de cada residência, como informando quantos responsáveis por residências têm rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos. A tabela “PessoaRenda_CE” estende tais descrições a todas as pessoas de cada residência, informando, por exemplo, o número de pessoas de 10 anos ou mais de idade sem rendimento nominal mensal. Por fim, aos arquivos de “Entorno01_CE” a “Entorno05_CE” descrevem as quadras dos setores censitários, como para quantos domicílios existem ou não calçada, arborização ou coleta de lixo.

A alta estratificação desses dados gera vetores inteiros com pouquíssimos valores diferentes de zero. O campo “V158” do arquivo “Pessoa02_CE”, já citado, que informa o número de “Mulheres alfabetizadas com 76 anos de idade”, nos permitiu determinar que haviam 427 pessoas com essa descrição, nos 607 setores considerados. Mas para apenas 251 desses setores, o número apontado pelo vetor não era zero. Logo, como esse campo não atingiu o mínimo estipulado de 400 valores numéricos diferentes de zero, não teve suas correlações com os campos de falhas investigadas.

Já os campos destacados anteriormente, tiveram resultados diferentes. A variável “V015” do arquivo “Domicilio01_CE”, “Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água”, permitiu determinar que haviam 13.352 domicílios, em 459 dos setores, sem abastecimento de água da rede geral. O coeficiente de correlação indicando escore médio entre o número de habitações sem água encanada em um setor e a sua duração média das falhas de subtensão, não estabelece relações de causalidade entre essas duas condições, mas evidencia que elas estão, sim, de alguma forma, conectadas. Por sua vez, a variável “V109” deste mesmo arquivo, “Domicílios particulares permanentes do tipo casa com outra forma de abastecimento de água”, é uma estratificação da “V015” contabilizando apenas as residências tipificadas como casas. Por ela, identificou-se que haviam 13.126 casas sem abastecimento de água da rede geral em 453 dos setores. Este segundo campo, no comparativo com o mesmo grupo de dados de falhas de energia, apresentou um coeficiente “r” discretamente maior que o do anterior.

Seguindo na investigação das correlações, restringiu-se os cálculos aos setores de situação urbana. A correlação da duração média dos alarmes de subtensão com as duas variáveis anteriormente citadas se manteve em nível médio. Destacamos que outro campo, similar,

devotado à contagem de moradores dos referidos domicílios, passou a também apresentar nível médio de correlação. A correlação média com “Moradores em domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água”, “V015” do arquivo “Domicilio02_CE”, nos indica que quanto maior o número de pessoas residindo nessa situação, em áreas urbanas, maiores tendem a ser os tempos de permanência das falhas de subtensão para essas áreas.

Ao se inverter a seleção, para focar nos setores de situação rural, dentre os diversos campos que apresentaram correlação ao menos média, destacaram-se os relacionados a moradores de idade mais avançada. Variáveis relativas aos números de mulheres alfabetizadas, com 51, 53 e 61 anos de idade, pessoas alfabetizadas, com 67 anos, pessoas com 79 anos, e responsáveis financeiros pelo domicílio com 75 anos de idade apresentaram consistentes correlações com os campos de contagem e duração dos alarmes de subtensão.

Quando focando apenas da Mesorregião Centro-Sul Cearense, as correlações da Soma de Duração e Duração Média das falhas de Subtensão com os números de domicílios sem abastecimento de água da rede geral e de seus moradores passaram a fortes, pois tiveram seus “r” bastante aumentados. Já quando crescia o número de residências e moradores cuja principal fonte de água era indicada como um poço ou nascente na propriedade, cresciam também as durações das falhas de interrupção. A correlação foi forte, entre essas variáveis e as durações totais e médias dos alarmes de interrupção e do conjunto total de alarmes.

A correlação com a dependência de poços e nascentes foi bem menos frequente para O Jaguaribe, mas ainda houve correlação média com a soma de duração das falhas de subtensão. As correlações médias e fortes observadas, para esta Mesorregião, acumularam-se com maior frequência na contagem e na duração total das falhas de tipo interrupção.

Para a mesorregião Metropolitana de Fortaleza, não se determinou correlação médio ou forte com as falhas de subtensão. Houve forte correlação entre a soma da duração das interrupções e a variável “Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 6 ou mais moradores”, e correlação média com outras como “Total do rendimento nominal mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de até ½ salário mínimo” e “Renda dos Domicílios - Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/8 salário mínimo”. Essas correlações demonstram que moradores com piores condições financeiras tenderam a enfrentar interrupções mais longas no fornecimento de energia comercial. Os problemas de abastecimento de água anteriormente referidos também apresentaram correlação média com a duração deste tipo de falha.

O Noroeste Cearense refletiu apenas correlações médias associando a dependência de poços e nascentes ao número de falhas de interrupção. Muitas variáveis associadas a rendas baixas e ao número de pessoas de “cor ou raça – parda” apresentaram correlação média com a soa das durações dos alarmes de subtensão.

As correlações do Norte Cearense, todas de até nível médio, se concentraram entre a contagem ou soma da duração dos alarmes de subtensão e variáveis indicativas da presença de pessoas de idade mais avançada. Ao contrário das mesorregiões anteriormente analisadas, não se verificou a presença de correlação com a qualidade do abastecimento de água.

Os Sertões Cearenses também não apresentaram coeficientes de correlação “r” de módulo maior que ou igual a 0,3 entre os campos das falhas e as variáveis relativas ao abastecimento de água. Nesta mesorregião destacam-se as correlações médias entre as variáveis tocantes às quantidades de pessoas de “cor ou raça – preta” e as contagens de falhas de interrupção ou de todos os tipos.

Também sem grandes indícios de correlação com o abastecimento de água, o Sul Cearense não teve grandes grupos de variáveis, correlacionadas às falhas, que pudessem ser interpretadas como um grupo e induzir conclusões. A associação mais segura que se pode fazer, para essa região, é entre o número de pessoas de pouca idade e a contagem de alarmes de interrupção ou totais.

Por fim, realizou-se uma última bateria de cálculo de coeficientes de correlação, excluindo a mesorregião Metropolitana de Fortaleza. Objetivava-se verificar o comportamento do Estado, sem os efeitos da capita e sua zona de influência. Novamente, destacou-se o grupo de variáveis socioeconômicas indicando o número de residências sem abastecimento de água da rede geral. Houve correlação média das variáveis desse grupo com a duração média das falhas de subtensão.

6. Conclusão

Logrou-se, com este trabalho, demonstrar o uso de um vasto e confiável conjunto de dados de monitoramento da qualidade de fornecimento da energia comercial, oriundos de entidades não diretamente relacionada aos serviços comerciais do setor elétrico. Através da análise deste conjunto, referendados em informações socioeconômicas providas pelo IBGE, verificou-se a existência de regiões e condições de atendimento favorecido, dentro do Estado do Ceará. Identificou-se acentuada desproporção entre os tempos de solução das falhas registradas nas regiões urbanas e nas rurais. Ilustrou-se a distribuições das falhas, no tempo e no espaço geográfico do estado, através de gráficos, tabelas e mapas de rápida interpretação. Ademais, o emprego de técnicas estatísticas de determinação de correlação entre grandezas revelou conexões inesperadas. Por meio do cálculo e da análise de Coeficientes de Correlação de Pearson (r), constatou-se haver correlação relevante entre o tempo médio de permanência das falhas de subtensão e a falta de abastecimento de água da rede geral, dentre outras inúmeras variáveis.

7. Referências Bibliográficas

- Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica - Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL
- IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment in IEEE Std 1100-2005 (Revision of IEEE Std 1100-1999), vol., no., pp.1-703, 24 May 2006.
- Base de informações do Censo - Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - Rio de Janeiro – 2011
- Sinopse do Censo Demográfico - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - Rio de Janeiro – 2011
- FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, Pernambuco, v. 18, n. 1, p. 115-146, jan. 2009.
- DUGAN, Roger C. et al. Electrical power systems quality. Nova York: McGraw-Hill, 1996. xvii, 265 p. ISBN 0-07-018031-8
- FILHO, João Mamede. Instalações Elétricas Industriais. 6. ed. LTC, 2001
- 1100-1992 - IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment
- Montgomery, DC; Runger, GC. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003 (2ª Edição).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, organizador. *Sinopse do censo demográfico, 2010*. IBGE, 2011.
- Thales Vaz Penha e Cristiane Nunes Francisco. *Manual de utilização de dados censitários em SIG*. 2015. DOI.org (Datacite), doi:10.13140/RG.2.1.4931.7283.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, organizador. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário, 2011. IBGE, 2011.