

Fatores Externos que Interferem nos Indicadores de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica

External Factors that Interfere with Electric Power Supply Continuity Indicators

Vinicius Fernandes da Costa Resende¹
fernandeseng.producao@gmail.com

Wesley Freitas dos Santos¹
wesleybox.27@gmail.com

Anderson Gomes Vieira^{2*}
andersongomesvieira@mail.uft.edu.br

***Autor correspondente**

¹Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil

²Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT, Araguaína/TO, Brasil

Como citar esse artigo:

RESENDE, V.F.C.; SANTOS, W.F.; VIEIRA, A.G. Fatores Externos que Interferem nos Indicadores de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica. Revista Científica do ITPAC V.15, n1, pub.2, fevereiro de 2022.
DOI: 10.29327/231587.15.1-2

EDITORA CHEFE:

Dra. Daniele Gomes Carvalho

EDITORAÇÃO:

Esp. Josias Pimentel de Abreu e Eduardo Henrique Silva Melo

**RCITPAC, V.15, n1, pub.2, fevereiro de 2022
ISSN: 1983-6708**

Resumo

A Qualidade de Energia Elétrica equivale a uma proporção de a que ponto a energia elétrica pode ser bem consumida. Essa medida engloba a continuidade dos serviços nas questões de duração e frequência, e os tempos de atendimento às ocorrências emergenciais. Ainda há poucos estudos dedicados à investigação de ocorrências que levam o sistema elétrico a operar fora de suas condições normais. Nessa perspectiva o objetivo desse estudo foi avaliar quais os fatores externos que impactam a qualidade do fornecimento de energia elétrica na zona urbana de Araguaína – TO. Para tanto foi feita pesquisa de natureza básica, utilizando abordagem quantitativa, com objetivo exploratório, buscando informações por meio de revisão bibliográfica e pesquisa documental em uma Concessionária de Energia Elétrica da região Norte do País. Na análise dos dados encontrou-se 350 ocorrências que acarretaram interrupção no fornecimento de energia elétrica no período estudado, sendo elas os fatores envolvendo animal na rede, trânsito – abalroamento de poste, e intempéries da natureza – descarga atmosférica, vento forte e árvore na rede. Através da aplicação do Gráfico de Pareto, uma ferramenta da qualidade, afirma-se que de 80% das falhas no fornecimento de energia elétrica na zona urbana, 20% estão relacionadas com fenômenos da natureza (descargas atmosféricas e árvores em contato com a rede elétrica).

Palavras-chave: Fornecimento de energia; Qualidade de energia elétrica.

Abstract

The Electric Power Quality is equivalent to a proportion of the extent to which electric power can be well consumed. This measure includes the continuity of services, in terms of duration and frequency, and the time taken to respond to emergency events. There are still few studies dedicated to the investigation of occurrences that lead the electrical system to operate outside its standard conditions. From this perspective, this study's objective was to evaluate which external factors impact the quality of electricity supply in the urban area of Araguaína-TO. For this purpose, basic research was carried out, using a qualitative and quantitative approach, with an exploratory objective, seeking information through bibliographic review and documentary research in an Electric Distribution Company in the Northern region of the country. In the data analysis, were found 350 occurrences that caused interruption in the supply of electric power in the determined period, in which were caused by factors involving animal in the power grid, traffic – pole collision, and inclement weather of nature - lightning, strong wind and the trees contact in the grid. Through the application of a Pareto Graph, a quality tool, it can be stated that of 80% of the failures in the supply of electricity in the urban area, 20% is related to phenomena of nature (lightning and trees in contact with the power grid).

Keywords: Energy supply; Electric Power Quality.

1. INTRODUÇÃO

O termo qualidade tem variadas definições, prevalecendo a percepção de que qualidade representa as particularidades de um produto ou serviço capazes de corresponder às necessidades dos seus usuários. Em resumo, qualidade pode ser facilmente delimitada como a adequação ao uso de um bem ou serviço.

Uma explicação genérica define Qualidade de Energia Elétrica (QEE), equivalendo a uma proporção de a que ponto a energia elétrica pode ser bem consumida. Essa medida engloba a continuidade dos serviços, nas questões de duração e frequência, e os tempos de assistência às ocorrências emergenciais.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) apura regularmente os indicadores que calculam o número médio de horas que cliente fica sem energia elétrica num espaço de tempo e quantas vezes verificou-se intermissão na unidade consumidora. A ANEEL estabelece metas para esses indicadores de qualidade a serem observadas pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, sendo que o descumprimento infundamentado das metas pode resultar em penalidades que vão de notificação até multa. (ANEEL, 2018).

Vários cientistas têm dedicado esforços a estudar a qualidade da energia elétrica, por conseguinte, critérios necessários para a execução segura tal como, variação de tensão de curta duração, desequilíbrios de sistemas trifásicos, flutuações de tensão, distorções e outros. Nesse cenário, as operadoras de sistema elétrico são incentivadas a comunicar sobre eventualidades que impactaram os usuários. (DECKMANN e POMILIO, 2018) No cenário inerente ao Setor Elétrico Brasileiro (SEB), são escassas as pesquisas dedicadas à investigação de ocorrências que levam o sistema elétrico interligado a operar fora de suas condições normais. Dada a carência de pesquisas dedicadas ao assunto, com o olhar voltado especificamente para o ramo de distribuição de energia elétrica local, este estudo visa prestar sua contribuição ao responder tal questionamento: Quais os fatores externos que afetam os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica em Araguaína - TO.

É trabalhoso cogitar como seria a vida contemporânea sem energia elétrica. Deste modo uma interrupção súbita no fornecimento de energia pode produzir importantes falhas, como: incidentes motivados por danos na sinalização de trânsito; incêndios ou explosões por consequência de ausência de comandos eletrônicos em funções industriais; falhas a instrumentos; perda de vendas no comércio, falha na comunicação (televisão, telefonia, internet), entre outros.

No momento em que acontece uma falha no fornecimento de energia, o olhar dos consumidores instantaneamente se volta à concessionária de distribuição de eletricidade regional, todavia a falha pode ser decorrência de falha tanto na rede da empresa responsável pela distribuição, como na central de geração que abastece uma rede de transmissão.

Os originadores dessas descontinuações no abastecimento de energia elétrica chegam a ser muito variados. Há várias formas que levam o sistema interligado a atuar fora das suas condições normais. Por essa razão justifica-se a importância de avaliar quais são os eventos que influenciam na qualidade do fornecimento de energia elétrica.

Este trabalho tem por objetivo avaliar quais os fatores externos que afetam nos indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica na zona urbana de Araguaína - TO.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de Qualidade

Segundo Machado (2012), o aperfeiçoamento da qualidade foi desenvolvido inicialmente na ótica da inspeção, onde alguns autores tiveram essa percepção desenvolvida por meio de instrumentos de medições, com intuito de encontrar uma padronização e uniformidade dos produtos. Após essa etapa, a busca da qualidade foi através de instrumentos e técnicas estatísticas e, logo após, foi a qualidade voltada à garantia e controle de qualidade total.

Com esse embasamento alguns autores tiveram definições clássicas sobre qualidade sendo esses estudiosos conhecidos como os gurus da qualidade. Esses foram imprescindíveis para o desenvolvimento da qualidade com suas fundamentações teóricas e práticas. Os mais conhecidos e populares que influenciaram diretamente para a implantação da qualidade nas organizações com suas teorias foram; W. Edwards Deming, Philip Crosby, Joseph M. Juran, Kaoru Ishikawa, e Genichi Taguchi são alguns deles.

Deming abordava que a melhoria dos processos se dava com uso de métodos e técnicas estatísticas, definindo a qualidade com como sistema sem erros. Crosby adotou o conceito de zero defeito. Juran tinha a atenção com o que o usuário quer com a temática de adequação ao uso, sendo esse um dos pontos importantes no desenvolvimento da qualidade. Ishikawa propôs as ferramentas da qualidade a fim de satisfazer os anseios dos clientes. Para Taguchi a qualidade se dá com uma satisfação e padronização dos serviços prestados a fim de eliminar retrabalho e perdas de produtos (AVELINO 2005).

A qualidade de um produto é ponto principal para satisfazer e suprir as necessidades das pessoas sendo esse um fator importante para a manutenção das organizações. Para Santos et al. (2013), a qualidade dos produtos não deve ser exclusivamente explorada sob ótica da estratégia ou diferenciação dos produtos, mas sim nas condições já existentes do produto.

De forma geral a qualidade continua até os dias atuais com definições e aplicações clássicas sendo uma mescla de concepções cabíveis conforme o contexto, podendo ser enxergada interna e externamente em uma organização, quando vimos internamente, contribui para o aumento da produtividade reduzindo possíveis erros e reduzindo o retrabalho e desperdício. No ponto de vista externo facilita na

capitação e reconhecimento dos clientes, sendo os mesmos atendidos de forma satisfatória.

2.2 Indicadores da Qualidade

Os indicadores da qualidade são essenciais para as empresas, onde busca medir o desempenho das empresas objetivando alcançar as metas através de coleta de informações reais e eliminando possíveis falhas em tempo real.

Os indicadores de qualidade são instrumentos que visam medir e garantir o processo, a fim de satisfazer as necessidades dos clientes.

De acordo com Hronec (1994), relata que existe benefícios relacionados as medições de desempenho e as classifica em cinco, são elas: Monitoramento dos processos, benchmarking de processos, benchmarking de atividades e a geração de mudanças, satisfação dos clientes. Os dados devem estar bem definidos e com medição correta para que seja feita a análise por meio dos resultados a fim de trabalhar na resolução dos problemas, com auxílio dos indicadores.

2.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são responsáveis por remover e identificar a causas dos problemas, onde busca eliminar ou reduzir as perdas e ampliar a produtividade, agindo na resposta aos problemas com auxílio de umas das ferramentas trabalhando com modelos gráficos ou tabulados. Segundo Ramos (2018), as ferramentas da qualidade são aplicáveis para identificação e resolução de problemas através da mensuração e análise dos possíveis desvios que afetam o resultado e desempenho das organizações. Através das ferramentas pode-se estabelecer informações reais de uma empresa e gerando, assim, um plano de ação mais eficiente sobre um determinado problema encontrado.

Muitos problemas existentes em organização podem ser resolvidos com a aplicação das ferramentas da qualidade, são elas: Fluxograma; Histograma; Diagrama de dispersão; gráfico de Pareto; Folha de verificação; Diagrama de Causa e efeito e Cartas de controle. Sendo essas aplicáveis a qualquer tipo de situação.

2.3.1 Fluxograma






O fluxograma tem como objetivo mapear e direcionar todos os estágios de construção de um definido processo. Sendo a Ferramenta ideal para quem espera estudar os processos de uma organização, pois entende de maneira simples as etapas do processo.

Segundo Santos et al. (2015), essa ferramenta permite a visualização dos componentes que integram as etapas do processo de maneira correta verificando se as mesmas se inter-relacionam, facilitando assim a visualização do processo e sua eficiência. O fluxograma facilita a observação de possíveis gargalos de produção como nas etapas de transporte, operação e formulários; fica de fácil observação caso haja alguma

alteração no processo, e posteriormente verifica-se se essa mudança possa propiciar nos resultados da empresa.

Há uma simbologia que define em cinco modelos as etapas do processo, como mostra no Quadro 01, sendo essas inseridas no fluxograma a fim de determinar onde cada símbolo possui uma função e um contexto específico nos qual seu uso é apropriado.

Quadro 01: Simbologia do Fluxograma.

	Operação
	Transporte
	Inspeção
	Espera
	Estocagem/Armazenamento

Fonte: RIBEIRO, FERNANDES E ALMEIDA, 2010.

2.3.2 Histograma

O Histograma é um instrumento estatístico que fornece graficamente os dados em forma de colunas. Para alguns autores, o histograma é uma ferramenta que fornece uma avaliação e análise.

Segundo Marshall Junior et al. (2006), o histograma tem como objetivo analisar a frequência dos dados e resumi-lo de forma real e confiável expondo os possíveis desvios e dispersão ou forma de variação.

2.3.3 Diagrama de Dispersão

O diagrama de dispersão tem características parecidas com o diagrama de causa e efeito, pois nesse diagrama analisa se há relação entre a causa de um problema e seus possíveis efeitos, partindo dessa ótica é observado o grau de intensidade. A demonstração gráfica do diagrama de dispersão busca averiguar se há correlação entre duas variáveis, que são dispostas em um gráfico, uma em função da outra.

Segundo Carpinetti (2012), há uma correlação entre duas variáveis, a relação positiva, a relação negativa, a relação inexistente.

A primeira afirma que há um aumento simultâneo entre as variáveis, quando uma aumenta a outra também aumenta, como mostra a figura 01.

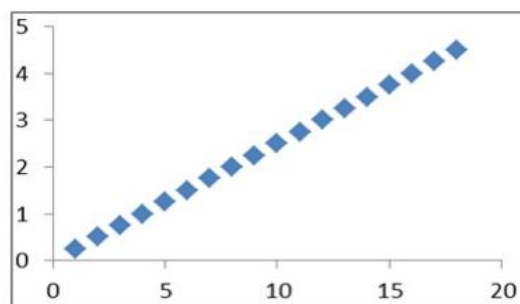


Figura 01. Exemplo de Diagrama de Dispersão com correlação positiva.

Fonte: Carpinetti (2012).

Na correlação negativa o autor afirma que quando uma variável tende a aumentar a outra simultaneamente diminui, observado na figura 02.

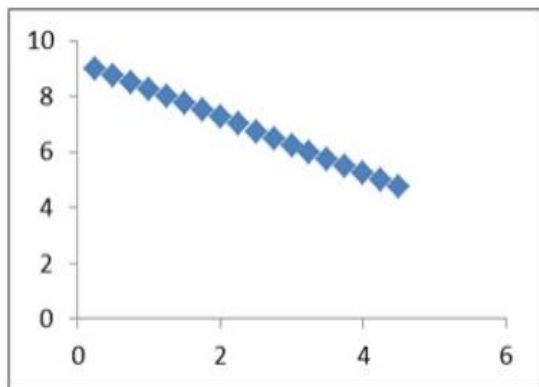


Figura 02. Exemplo de Diagrama de Dispersão com correlação negativa.

Fonte: Carpinetti (2012)

Na correlação a inexistente fala que não há nenhum tipo de ligação referente ao aumento e diminuição de uma variável, ambas tendem a crescer ou diminuir em forma isolada sem que afete o desempenho da outra variável, analisado na figura 03, onde observa-se que há uma dispersão dos valores não possibilitando uma descrição de crescimento ou decrescimento (CARPINETTI, 2012).

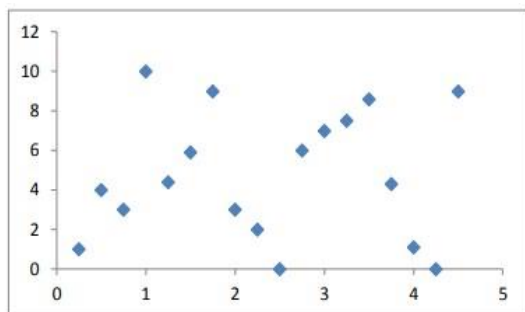


Figura 03. Exemplo de Diagrama de Dispersão com correlação inexistente.

Fonte: Carpinetti (2012).

2.3.4 Gráfico de Pareto

O diagrama ou gráfico de Pareto é uma ferramenta que busca filtrar os problemas mais relevantes de um processo, no qual, por meio desse levantamento as informações são ordenadas e medidas em escalas. Logo, o objetivo desse gráfico é trabalhar nos problemas mais frequentes que possam impactar diretamente no desempenho da empresa para depois trabalhar nos problemas menos relevantes. Para CARPINETTI (2012, p. 79).

[...] o princípio de Pareto é demonstrado através de um gráfico de barras verticais (Gráfico de Pareto) que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a ordem de importância de problemas, causas e temas em geral.

O objetivo principal dessa ferramenta é identificar o problema com maior potencial e priorizá-lo, pois, esse problema é onde ocorre o maior índice de perdas, gerando, assim, prejuízo às organizações. Portanto essa ferramenta é essencial para eliminação ou redução desses riscos. Para Lobo (2013, p. 43), “[...] 80% dos problemas são resultantes de 20% de causas potenciais”

2.3.5 Folha de Verificação

A folha de verificação tem como objetivo coletar a frequência com que ocorre determinado dado, observado em um determinado período. Essa ferramenta é uma alternativa para trabalhar com outras ferramentas, onde essas são constituídas por tabela com o fito de verificar possíveis problemas.

Segundo Lobo (2013), existem variações quanto ao processo analisado pela folha de verificação, como peso de uma amostra de sulfato de sódio em gramas, conforme situado no quadro 02.

Quadro 02. Folha de Variação do Processo

Empresas	50 Amostras	Sulfato de Sódio: 30g
Folha de verificação		
Título	Padrão	Somatórios
28	XX	2
28,5	XXXX	4
29	XXXXX	6
29,5	XXXXXXXX	8
30	XXXXXXXXXX	10
30,5	XXXXXXXXXX	8
31	XXXXXXXX	7
31,5	XXXXXX	5
32		0
32,5		0

Fonte: Lobo (2013)

2.3.6 Diagrama de Causa Efeito

O diagrama de causa ou efeito, também conhecido por Ishikawa ou espinha de peixe (figura 04), permite analisar possíveis desvios que há em um processo, a fim de identificar a causa e as decorrências de um determinado problema. Esse diagrama foi desenvolvido em 1943 pelo Dr. Kaoru Ishikawa.

“O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido para representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental deste problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas.” (CARPINETTI, 2012, p.83).

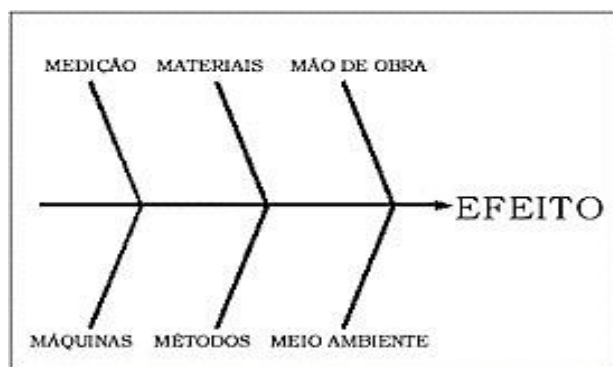


Figura 04. Espinha de peixe.
Fonte: Ishikawa (1993).

Para Ishikawa, os problemas ou causas são desencadeados por inúmeros aspectos que podem ser identificados por seis elementos, definidos no quadro 03, sendo: material, mão de obra, medição, meio ambiente, máquinas, medição. Logo, a junção desses elementos é possível determinar um problema ou efeito.

Quadro 03. Caracterização do Diagrama de Causa Efeito

ORIGEM	CARACTERÍSTICA
Método	As causas dos desvios estão relacionadas ao método pelo qual o trabalho é executado
Matéria-prima	A causa está relacionada com os materiais utilizados no processo
Mão de Obra	Os desvios são ocasionados pelo colaborador
Máquinas	O maquinário é o causador do desvio
Medida	A falta, ou utilização de indicadores de medição inadequados, é o causador do desvio
Meio Ambiente	O ambiente contribui na geração dos desvios

Fonte: Ishikawa (1993).

2.3.7 Cartas de Controle

As cartas ou gráfico de controle é uma ferramenta com característica de analisar e identificar as possíveis variabilidades e desvios que possam ocorrer em um processo ou linha de produção. Essa ferramenta tem como benefício nas organizações a redução de custos, melhoria contínua, resolução de diversos problemas.

Segundo Carvalho (2012), a carta de controle foi uma das ferramentas que marcou época sendo muito utilizada no controle estatístico a fim de garantir a qualidade.

O modelo da carta de controle é formado por dois limites que são um inferior (LIC) e o superior (LSC) de controles e uma linha central ou média (LC). Os pontos são as médias das medidas de uma característica da qualidade, ligados por segmentos de reta, conforme indicado na figura 05.

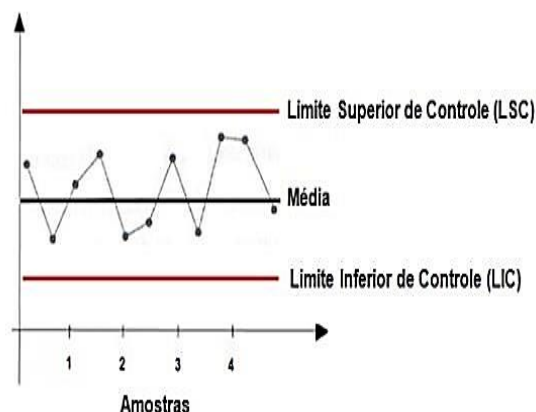


Figura 05: Carta de controle típica.
Fonte: adaptado de Vieira, 20

2.4 Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

A energia elétrica é primordial para o mundo contemporâneo; até o século XVI a atividade executada pelo homem era fundamentada na sua robustez, tração animal, energia das rodas d'água e moinhos. Primitivamente, foi adicionado energia hidráulica a força animal, mais tarde os derivados de petróleo e mais tarde, inserida energia elétrica a essa matriz.

Assim, ela é o alicerce de crescimento e evolução mundial; o seu surgimento possibilitou progresso na saúde, saneamento, qualidade de vida, fornecimento de água e alimentos além de aflorar a comunidade capitalista e de consumo (GUENA, 2007).

Além disso, a geração de energia pode se dar por processos de conversão direta e, principalmente, pela conversão de energia mecânica em elétrica. Podendo ser uma queda d'água (hidrelétrica), vapor produzido por queima de combustíveis (térmica), ou cinética do vento (eólica).

À vista disso, os geradores de eletricidade atuam do princípio da indução eletromagnética, movendo-se em um campo magnético, com uma diferença de potencial induzida através de suas extremidades.

A transmissão de energia compreende as instalações responsáveis pela rede que interliga os grandes centros de geração aos centros de consumo de energia, como mostra a figura 06 (GUENA, 2007).

A transmissão é feita através de cabos condutores de energia elétrica, torres e isoladores que sustentem esses cabos. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014) As linhas de transmissão se distendem por imensos espaços, articulando ainda usinas geradoras aos altos consumidores, essas que solicitam energia em alta tensão, tais como mineradoras e fábricas, ou as companhias distribuidoras de energia, que vão se incumbir de conduzir a energia aos usuários de menor porte. (BRASIL, 2017).

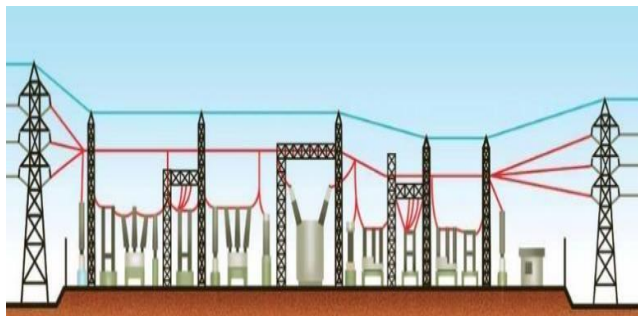


Figura 06. Linhas de Transmissão.

Fonte: ABRADEE, 2018

Já a distribuição, segundo a ANEEL, é a seção do setor elétrico aplicado à transmissão da energia elétrica para um cliente final. O Sistema de Distribuição no Brasil é controlado por um grupo de regras dispostas em Resolução da Aneel e no documento denominado Procedimentos de Distribuição – PRODIST, visando auxiliar os acessantes do sistema de distribuição, regulando formas, requisitos, responsabilidades e punições relativas à ligação, ampliação, operação e mensuração da energia elétrica e constituindo parâmetros e indicadores de qualidade (BRASIL, 2017).

A estrutura de distribuição de energia que se mistura com a própria geografia das cidades, subdividido ao longo de ruas para interligar materialmente o sistema de transmissão, ou também unidades geradoras menores, aos clientes finais da energia elétrica.

Do mesmo modo que sucede com o sistema de transmissão, a distribuição é também constituída por fios condutivos, transformadores e aparelhos variados de medição, supervisão e segurança das redes elétricas, conforme indicado na figura 07. No entanto, de modo divergente do sistema de transmissão, o sistema de distribuição é bastante extenso e subdividido, pois deve chegar aos lares e endereços da integralidade de seus consumidores. (BRASIL, 2017).

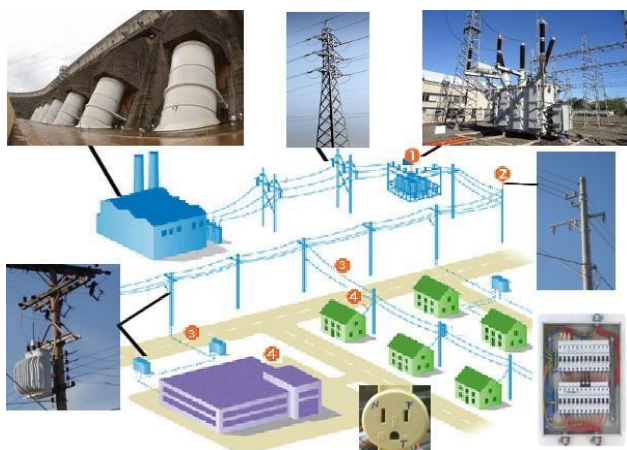


Figura 07. Distribuição de Energia

Fonte: ABRADEE, 2018

2.5 Fatores que Interferem na Distribuição de Energia

No momento em que acontece uma falha no fornecimento de energia, o olhar dos consumidores

instantaneamente se volta à concessionária de distribuição de eletricidade regional, todavia o problema pode ser decorrência de falha tanto na rede da concessionária de distribuição, como na central de geração que abastece uma rede de transmissão. São numerosas empresas que precisam operar em equilíbrio e sincronia para garantir que o usuário tenha energia no instante pretendido. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014)

Os originadores dessas descontinuações no abastecimento de energia elétrica chegam a ser muito variados. Há várias formas que levam o sistema interligado a atuar fora das suas condições normais. Essas ocorrências podem ser de fonte interna ou externa. As mais relevantes ocorrências de origem interna são a carência do recurso energético natural (estiagem ou calmaria dos ventos), sobrecarga, falha de equipamentos e erro operacional. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014)

Um exemplo de ocorrências com origem interna é a escassez hídrica que ocorre durante um período do ano no Brasil. Para que haja continuidade no fornecimento de energia, no tempo em que a capacidade de água da maior parte das hidrelétricas brasileiras está inferior ao esperável, o poder executivo possibilita a utilização de outras categorias de fontes de energia, que sistematicamente, são mais onerosos que a geração hidráulica, como as usinas termelétricas. (ANEEL, 2018)

Já nas ocorrências de origem externas temos as tempestades (raios, ventos, inundações, desmoronamento de barrancos e árvores); incêndios com comprometimento de rede elétrica; acidentes (acidentes de trânsito ocasionando abaloamento de poste, objetos enrolados nos condutores elétricos); e manuseio de instalação de distribuição por terceiros (subtração de energia, furto de condutores e ferramentas, sabotagem). (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014)

Segundo a Energisa (2019), mais de 400 acidentes envolvendo postes foram registrados no Tocantins nos últimos 12 meses. Quando acontecem as colisões, diversos clientes são afetados com ausência de energia além dos prejuízos materiais causados com prováveis danos em transformadores, religadores, cabos elétricos, entre outros.

Visto que um sistema elétrico sempre será passível de ocorrências, é considerável que esses sejam planejados e operados de forma a proporcionar a credibilidade esperada pela população. Isso exige que sistema seja comensurado adequadamente para atender à carga predita e que disponha de margem de manipulação considerável para lidar com as ocorrências a fim de conter perturbações demasiadas no fornecimento de energia aos usuários. (ALMEIDA et al., 2010).

2.6 Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica

De acordo com Castro, et al. (2017), a definição de qualidade do fornecimento de energia elétrica muda conforme a fonte implicada e com aplicação que se faz da eletricidade.

Os indicadores coletivos que definem a qualidade da atividade de abastecimento de energia elétrica no Brasil segundo a ANEEL (2018) são:

- DEC: Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora;
- FEC: Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora;

Segundo a ANEEL (2018) estes indicadores mensuram o tempo e a frequência médios de suspensão de um conjunto de clientes em um certo período de tempo, respectivamente. Usualmente, parâmetros são empregados para excluir dos cálculos algumas espécies de interrupções, tais como, interrupções causadas por motivos alheios à vontade humana, como catástrofes naturais; e duração de interrupção inferior a 3 minutos.

Na apuração dos indicadores DEC e FEC devem ser consideradas todas as interrupções, permitidas apenas as seguintes exceções: falha nas instalações da unidade consumidora que não provoque interrupção em instalações de terceiros; interrupção decorrente de obras de interesse exclusivo do consumidor e que afete somente a unidade consumidora do mesmo; Interrupção em Situação de Emergência; suspensão por inadimplemento do consumidor ou por deficiência técnica e/ou de segurança das instalações da unidade consumidora que não provoque interrupção em instalações de terceiros, previstas em regulamentação; vinculadas a programas de racionamento instituídos pela União; ocorridas em Dia Crítico; oriundas de atuação de Esquema Regional de Alívio de Carga estabelecido pelo ONS. (PRODIST – MÓDULO 8, 2018, p. 54-55)

Há também indicadores próprios para o cliente individual, que precisam ter um nível mínimo alcançado pela distribuidora, estando sujeito a ressarcimento ao consumidor impactado por deficiência de qualidade. Os indicadores de qualidade individuais fundamentais, correlativo ao DEC e FEC são:

- DIC: Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou ponto de conexão;
- FIC: Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por ponto de conexão;

Outros indicadores utilizados no Brasil são:

- DMIC: Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por ponto de conexão;
- DICRI: Duração da Interrupção Individual em Dia Crítico por Unidade Consumidora ou ponto de conexão.

Os limites e referências de qualidade que as distribuidoras devem seguir são determinados pelo governo nas Revisões Tarifárias Periódicas. Em decorrência da Audiência Pública nº 33/2009 (ANEEL, 2009), a ANEEL autorizou uma mudança dos indicadores individuais de qualidade para variadas áreas de concessão, introduzindo um só limite para todas as faixas determinadas por ela, como pode ser verificado no Anexo I, da seção 8.2 do PRODIST. (ANEEL,

2018). Caso as metas individuais sejam excedidas, a distribuidora implica em penalizações.

3. METODOLOGIA

Araguaína é uma cidade brasileira localizada na região norte do país, no estado do Tocantins (figura 08). Foi constituída no ano de 1958. A partir de 1960 verificou-se avolumamento da cidade com a criação da rodovia Belém – Brasília, pelo fato de estar situada em um ponto tático no estado e no país. De acordo com dados do IBGE (2017) possui uma população estimada em 180.470 habitantes é a segunda mais habitada do estado.



Figura 08. Mapa do Tocantins

Fonte: UNITPAC, 2019

É uma cidade núcleo que abraça pessoas de diversos pontos, maior parte dos estados adjacentes (Pará, Maranhão e Goiás) para tratar de assuntos financeiros, de saúde e educação. É apontada como a capital econômica do estado graças a imigração de proprietários de grandes empresas que visam melhores oportunidades abertura de novos estabelecimentos.

Em 2017, o rendimento médio mensal era de 2,1 salários mínimos. A fração de população ocupada em correlação aos habitantes total era de 19.9%. Tendo em conta residências com ganhos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 34.4% da população nessas circunstâncias. (IBGE, 2017).

Quanto ao comércio, segundo Moraes (2014) temos:

“[...] supermercado, minimercados e mercearias, bebidas, manutenção de veículos e peças de reposição de veículos automotores e motocicletas, comércio de combustíveis, materiais agrícolas, produtos alimentícios, vestuário, calçados, farmácias, material para

escritório, máquinas e equipamentos, material de construção, papelarias, oficinas de eletro etc. Verifica-se que tais atividades econômicas são encontradas em todos os municípios da região, configurando-se em 1.757 unidades presentes na cidade de Araguaína." (MORAIS, 2014, p. 59, 60).

A cidade executa uma posição centralizadora das deliberações capitalistas desenvolvidas na região. A criação agropecuária, em especial a de corte, resulta em Araguaína ser considerável no que tange à exportação de carne e derivados processados no Tocantins, colaborando com mais de 80% da carne bovina vendida fora do estado. Na cidade concentram-se agroindústrias instaladas ou territorialmente articuladas.

Já no setor elétrico, segundo a ANEEL (2017) a cidade de Araguaína integra uma rede de distribuição de energia elétrica de uma concessionária que atende aproximadamente 566 mil clientes e uma população de aproximadamente 1,5 milhões de habitantes em 139 municípios do Estado do Tocantins em uma área de 277.721 km².

Na localidade estima-se uma quantidade de 40 mil clientes na área urbana, com aproximadamente 9 clientes/km². Há ainda cerca de 610 transformadores de energia utilizados na distribuição de energia elétrica, para alterar os valores de tensão. Além de 4 Subestações (Araguaína I, Araguaína II e Araguaína III, Araguaína IV) que juntas distribuem por volta de 70 MVA e 4 linhas de distribuição aérea.

3.2 A Pesquisa

Para alcançar as soluções e respostas em relação ao problema apresentado no trabalho, foi feita pesquisa de natureza básica, utilizando abordagem qualitativa e quantitativa, com objetivo exploratório, buscando informações através de revisão bibliográfica e pesquisa documental em uma concessionária de Energia Elétrica da região Norte do País.

As informações obtidas foram estudadas utilizando a ferramenta Excel para tabulação dos dados, sendo

observadas as ocorrências envolvendo os três tipos de problemáticas abordadas neste trabalho, e avaliados os indicadores DEC e FEC juntamente com quantidade de clientes penalizados.

As variáveis analisadas foram ocorrências envolvendo: trânsito, intempéries da natureza e animais na rede. Desde quando essas acarretam falha no fornecimento de energia elétrica. O universo estudado será a zona urbana de Araguaína - TO. Os dados apresentados foram referentes ao período de julho de 2018 a julho de 2019, coletados mensalmente.

Os dados adquiridos foram analisados através de ferramentas da qualidade Teorema de Ishikawa e Gráfico de Pareto para a identificação dos maiores causadores da interrupção do fornecimento da energia elétrica e as possíveis causas para a ocorrência dos eventos abordados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Número de Casos Ocorridos

Foram encontradas 350 ocorrências que acarretaram interrupção no fornecimento de energia elétrica na zona urbana de Araguaína - TO no período de julho de 2018 a julho de 2019, sendo elas os fatores envolvendo animal na rede (16), trânsito - abalroamento de poste (33), e intempéries da natureza - descarga atmosférica (232), vento forte (13) e árvore na rede (56).

Tabela 1. Ocorrências que acarretaram interrupção no fornecimento de energia elétrica na zona urbana de Araguaína - TO

Mês/ano	Animais na rede	abalamento de poste	Descarga Atmosférica	Vento forte	Árvore na rede
jul/18	0	1	0	0	1
ago/18	1	2	4	2	9
set/18	1	5	10	4	6
out/18	3	4	25	1	4
nov/18	1	2	43	0	3
dez/18	0	3	24	2	8
jan/19	0	1	19	0	0
fev/19	0	0	2	0	0
mar/19	3	2	49	0	2
abr/19	2	2	43	0	4
mai/19	0	3	8	1	6
jun/19	3	4	1	2	7
jul/19	2	3	4	1	6

Fonte: AUTOR, 2020.

No que se refere ao evento animal da rede (Tabela 01), as maiores incidências são nos meses de outubro, março e junho. Dentro das características climáticas do estado, o mês de outubro é período de queimadas no Tocantins, já os meses de março e junho são meses de primavera onde os animais, principalmente os pássaros, buscam lugares quentes para fazerem seus ninhos para o período de reprodução.

Pascoaline (2016), descreve que o contato da natureza com a rede elétrica poucas vezes se dá de forma pacífica. Frequentemente essa relação ocasiona prejuízos para as duas partes. Afirma ainda que é comum o contato de aves e outros animais em estruturas da rede elétrica, como cabos e transformadores, principalmente para a construção de ninhos. Com isso, há altas possibilidades de causar danos aos equipamentos, comprometendo o fornecimento de energia.

Em relação ao abalroamento de poste (Tabela 01) observou-se menor número de casos nos meses de janeiro e fevereiro.

Segundo Cemar (2019), os acidentes de trânsito envolvendo abalroamento de postes dão-se tanto por excesso de velocidade, como más condições das vias, embriaguez e sonolência ao volante, falha mecânica, entre outros. No entanto, a ocorrência afeta tanto os ocupantes do veículo como

os moradores próximos ao local, já que pode ocasionar interrupção de energia.

No que diz respeito a intempéries da natureza notou-se grande número de episódios tanto de descarga atmosférica (Tabela 01) quanto de vento forte (Tabela 01). Pode-se correlacionar esses episódios com o período chuvoso e ao período considerado seco no Tocantins, respectivamente.

A performance dos sistemas de energia elétrica é muito propensa a alterações climáticas, e bastante suscetível aos episódios intensos de chuva. No Brasil, eventos de interrupção no fornecimento de energia elétrica resultantes de descargas elétricas e ventos fortes e relacionados com tempestades rigorosas são muito comuns. (FARIAS; CORREIA, 2008).

No que concerne a árvore na rede (Tabela 01) observou-se maior ocorrência nos meses considerados secos como agosto seguidos por meses em período chuvoso como dezembro. No entanto, no período seco ocorrem as queimadas e as árvores e galhos secos caem, podendo atingir a rede. E nos meses chuvosos acontece crescimento vegetativo, fato que pode fazer as árvores alcançarem as redes elétricas.

Carmelo, Viveiros e Hermsdorff (2008) afirmam que a falta de energia em dias de tempestade e vendavais são recorrentes. Estas descontinuações de energia geralmente são proporcionadas por interposição de árvores na malha de distribuição de energia elétrica. As concessionárias buscam impedir estes desligamentos por meio de podas preventivas de árvores. Apesar disso, as interrupções continuam transcorrendo, acarretando prejuízos tanto para o público em geral quanto para as concessionárias.

Diante desses eventos é possível avaliar a quantidade de clientes penalizados, sendo um total de 25.968 durante o ano envolvendo as variáveis analisadas, divididos em porcentagem da seguinte forma: Animal na Rede (5,12%); Poste Abalroado (38,15%); Descarga atmosférica (24,36%); Vento Forte (3,82%); Árvore na Rede (28,52%); figura 09.

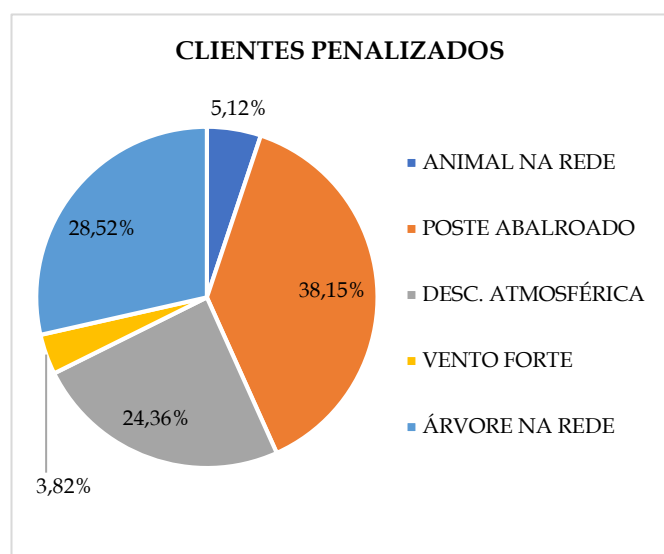


Figura 9: Número de Clientes Penalizados

Fonte: AUTOR, 2020.

4.2 Avaliação dos Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica

Quanto à qualidade na distribuição dos serviços prestados, que inclui nesse sentido, a estimativa das interrupções no fornecimento de energia elétrica, evidenciamos os indicadores de continuidade coletivos DEC e FEC. Para cada evento citado avaliamos a quantidade de horas sem energia e a duração e frequência dessas interrupções (Tabela 2).

Tabela 2: Distribuição de DEC e FEC por ocorrência no período de julho 2018 a julho 2019

Causas	Horas sem energia	DEC em horas*	FEC em vezes*
ANIMAL EM REDE	62,8	0,024	19
POSTE ABALROADO	139,8	0,215	40
VENTO FORTE	50,9	0,016	14
DESCARGA ATMOSFÉRICA	2827,4	0,209	305
ÁRVORE NA REDE	313,4	0,203	71

Fonte: AUTOR, 2020

Sendo importante ressaltar que para a contagem dos indicadores DEC e FEC foram contempladas as descontinuações do fornecimento de energia elétrica de longa duração, maiores que 3 minutos. (ANEEL, 2018)

Os números obtidos de indicadores DEC e FEC estão diretamente ligados a qualidade de atendimento das distribuidoras. E apesar dos clientes atingidos terem sofrido algumas interrupções no fornecimento de energia ao longo do ano, o tempo de atendimento e restabelecimento de sua energia ocorreram dentro do limite tolerado.

4.3 Aplicação das Ferramentas da Qualidade

Diante do exposto, levando em conta a concentração dos esforços no sentido de identificar os problemas que mais causam interrupção no fornecimento de energia elétrica através de estratégias eficazes, foi aplicado o Gráfico de Pareto que estabelece uma ordenação na frequência das ocorrências.

Nesse gráfico (figura 10) observa-se a relação das causas com seu impacto direto na qualidade do fornecimento de energia. No eixo X apresenta-se as causas e no eixo Y a porcentagem acumulada das causas. Em um total de 5 causas, as duas principais são descargas atmosféricas e árvore na rede, pois juntas elas representam 83% das ocorrências relacionadas à falha no fornecimento de energia elétrica na zona urbana de Araguaína. Desse modo, afirma-se que de 80% das falhas no fornecimento de energia elétrica na zona urbana, 20% está relacionada com fenômenos da natureza (descargas atmosféricas e árvores em contato com a rede elétrica).

Outra ferramenta utilizada para o gerenciamento e controle da qualidade do tema discutido foi o Diagrama de Ishikawa. Voltada principalmente para a visualização e estudo das causas primárias e secundárias de um efeito indesejado dentro do problema abordado.

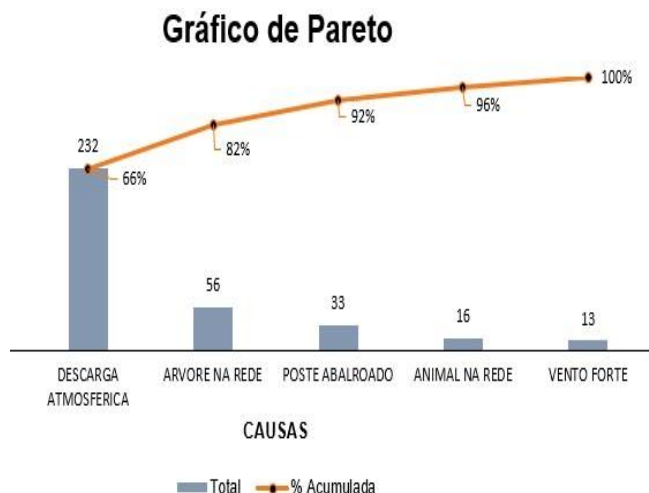


Figura 10. Gráfico de Pareto
Fonte: AUTOR, 2020

Conforme identificado, o maior responsável por interrupção no fornecimento de energia elétrica desse estudo são as descargas atmosféricas.

Ao avaliar as causas (figura 11) observou-se, principalmente, que o Tocantins é o estado brasileiro com maior incidência de descarga atmosférica por quilômetro quadrado. Inúmeros elementos cooperam para essa grande densidade no estado do Tocantins. Um deles é a adjacência com a linha do Equador, onde obtemos bastante energia e sol. Outro fator é a atividade das nuvens que produzem chuva no estado, com traços de tempestade. (JUNIOR, 2018).

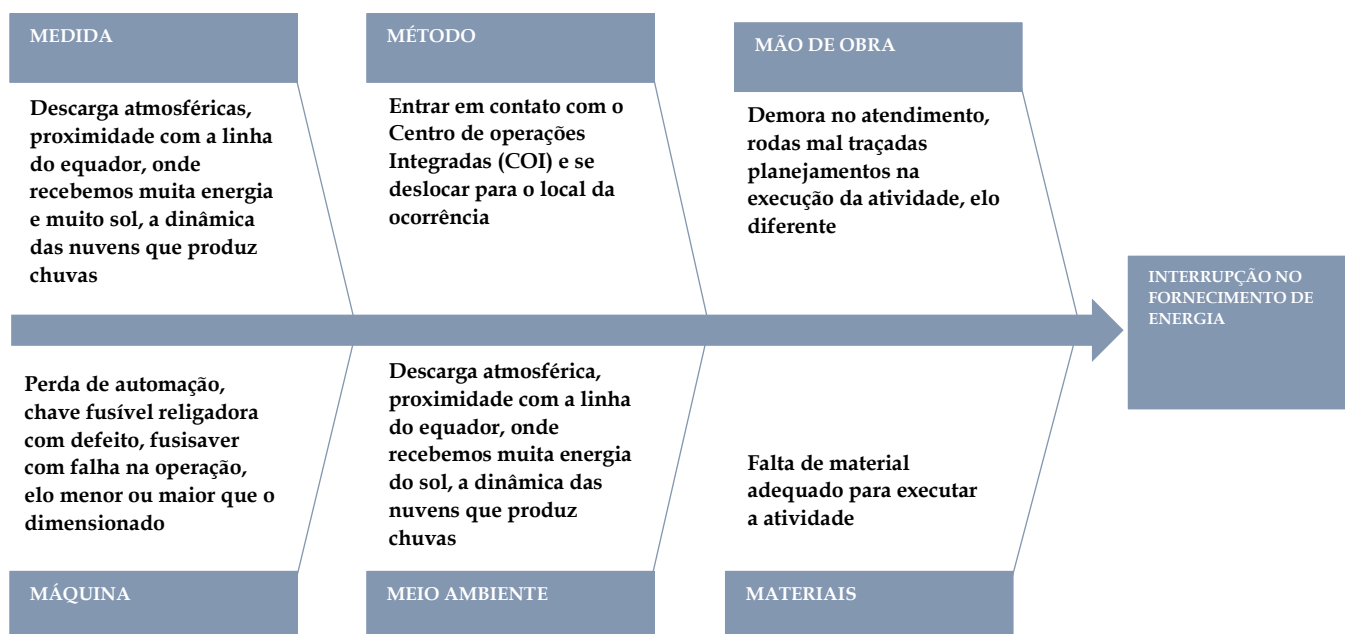


Figura 11. Diagrama de Ishikawa
Fonte: AUTOR, 2020

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos fatores externos que afetam a qualidade do fornecimento de energia elétrica em Araguaína – TO apresentou uma descrição voltada para os defeitos de causa primária comunicada ao órgão regulador. Foram realizadas análises criteriosas dos dados apurados encontrando os principais causadores de interrupção no fornecimento de energia elétrica, sendo eles: Animal na Rede (4,5%), Poste Abalroado (9,4%), Descarga Atmosférica (66,3%), Vento Forte (3,7%) e Árvore na Rede (16%). Em relação aos indicadores de qualidade gerados durante essas falhas no fornecimento,

afirma-se que estão dentro dos valores considerados aceitáveis.

Perante as evidências, considerando o empenho no conhecimento das causas externas elementares de interrupção no fornecimento de energia, através da aplicação das ferramentas da qualidade, Gráfico de Pareto e Diagrama de Ishikawa, infere-se que a maior concentração das falhas no fornecimento é referente a fenômenos da natureza, sendo descarga atmosférica a causa central.

REFERÊNCIAS

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL - PRODIST. Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica. Brasília - DF, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA: ANEEL: **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 395, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2009.**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA: ANEEL: **Definição de Indicadores e metas da Performance Organizacional do Operador Nacional do Sistema Elétrico.** Brasília - DF, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA: ANEEL: **RELATÓRIO DE DESEMPENHO DAS USINAS TERMOELÉTRICAS DESPACHADAS CENTRALIZADAMENTE - TIPOS I E IIA.** Brasília - DF, 2018.

ALMEIDA, Reginaldo Sena et al. **Qualidade do Serviço, Satisfação do Consumidor e Desempenho Financeiro das Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica Brasileiras.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 17., 2010, Belo Horizonte. Anais. São Leopoldo - Rs: Associação Brasileira de Custos, 2010.

BRASIL. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Redes de Energia Elétrica.** Brasília, 08 p. 2017.

CASTRO, Nivalde de et al. **Qualidade do fornecimento de energia elétrica: aspectos regulatórios e perspectivas.** Publit, Rio de Janeiro, ago. 2017. Texto de discussão do setor elétrico, n 76.

CARMELO, Silma; VIVEIROS, Emerson; HERMSDORFF, Sonia. Diagnóstico das interferências da arborização na rede de distribuição de energia elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2008, Olinda / Pe. **Anais [...]**. Campinas - Sp: Intituto Cgti, 2008. p. 1-9.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade:** Conceitos e Técnicas. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARVALHO, M. M. *et al.* **Gestão da qualidade:** teoria e casos. 2 ed. Elsevier: ABEPRO, 2012.

CEMAR. Cresce número de acidentes com quebra de postes no Maranhão. **Tv Mirante.** São Luiz, p. 8-10. 23 set. 2019.

DECKMANN, Sigmar Maurer. POMILIO, José Antenor. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica.** Campinas: UNICAMP, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação. 2018, 15p.

ENERGISA (Tocantins) (Ed.). **Mais de 200 acidentes envolvendo postes são registrados no TO esse ano.** 2019.

FARIAS, Wendell Rondinelli Gomes; CORREIA, Magaly de FÁtima. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E INTERRUPÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA NA ÁREA DA CHESF: Relação com Variáveis atmosféricas em anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia,** São José dos Campos / Sp, v. 23, n. 3, p. 270-281, jun. 2008.

GUENA, Ana Maria de Oliveira. **Avaliação ambiental de diferentes formas de geração de energia elétrica.** 2007. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Nuclear - Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

INSTITUTO ACENDE BRASIL (2014). **Qualidade no Fornecimento de Energia Elétrica:** Confiabilidade, Conformidade e Presteza. White Paper 14, São Paulo, 36 p.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total:** à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

LEAL, Junior. Tocantins registra quase 800 mil raios em nove dias; duas pessoas morreram. **Portal LJ.** Palmas - To, p. 2-4. jan.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade:** As sete ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas, Jit, Kaisen, Housekeeping, Kanban, Femea, Reengenharia. 1 ed. São Paulo: Érica, 2010.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da qualidade.** 9. ed. São Paulo: FGV, 2006.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade.** Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MORAIS, Itamar Araújo. **ARAGUAÍNA (TO): ENQUANTO CIDADE MÉDIA NO CONTEXTO REGIONAL**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

PASCOALINE, Fabiana Alves. **SISTEMA SONORO DE PROTEÇÃO ANIMAL EM REDE ELÉTRICA**. 2016. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade Integradas de Caratinga, Caratinga, 2016.

RAMOS, Davidson. **Ferramentas das qualidades**: As sete ferramentas da qualidade. Rio de Janeiro, julho. 2018. Disponível em:< <https://blogdaqualidade.com.br/as-seteferramentas-da-qualidade/>>. Acesso em: 05 out 2019.

RIBEIRO, J. R.; FERNANDES B. C.; ALMEIDA D. A. **A questão da agregação de valor no mapeamento de processo e no mapeamento de falhas** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos.

SANTOS, Lucas Almeida dos. et al. **Mapeamento de Processos**: um estudo no ramo de serviços IJIE: Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial. Florianópolis Vol 7 2015.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 244 p.
