

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO
ENGENHARIA ELÉTRICA

ANDRÉ ABDO ALI SIQUEIRA

UMA VISÃO DE INFRAESTRUTURA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
APLICADA EM REDES INTELIGENTES

São Carlos, SP
2018

ANDRÉ ABDO ALI SIQUEIRA

UMA VISÃO DE INFRAESTRUTURA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
APLICADA EM REDES INTELIGENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista. Orientador: Prof. Dr. Ivan Nunes da Silva

São Carlos, SP
2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

A555u Ali-Siqueira, André Abdo
Uma Visão de Infraestrutura da Tecnologia da
Informação aplicada em Redes Inteligentes / André Abdo
Ali-Siqueira; orientador Ivan Nunes da Silva. São
Carlos, 2018.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2018.

1. Tecnologia da Informação. 2. Redes Inteligentes.
3. Medição Remota de Energia Elétrica. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: André Abdo Ali Siqueira

Título: “Uma visão de infraestrutura de tecnologia da informação aplicada em redes inteligentes”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 19/11/2018,

com NOTA 8,5 (oito, cinco), pela Comissão Julgadora:

Prof. Associado Ivan Nunes da Silva - Orientador SEL/EESC/USP

Prof. Dr. Danilo Hernane Spatti - SSC/ICMC/USP

Mestre João Paulo Lemos Escola - Doutorando - SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

Dedico esta monografia aos meus pais Jorge e Silvia, que sempre estiveram ao meu lado e aos quais serei eternamente grato. Ao meu irmão João Gabriel companheiro de todos os momentos da minha vida; ao meu tio Beto pela força, torcida e conselhos; avôs e avós Moises e Cacilda por serem fontes de minha inspiração e essência; e a memória de Altino e Eduviges, anjos protetores do meu dia a dia, que mesmo distantes fisicamente estão vendo essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Ao meu professo orientador Ivan Nunes da Silva, por acreditar e incentivar o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus queridos pais Sílvia Helena Ali Siqueira e José Jorge Siqueira por acreditar nos meus sonhos e fazer deles o seus também. Ao meu querido irmão João Gabriel Ali Siqueira que é minha fonte de inspiração e grande parceiro de vida. Aos meus avôs Moises, Cacilda, Altino (in memorian) e Eduviges (in memorian) que me inspiram a seguir minha trajetória com força de vontade e ideais que com eles eu aprendi. Agradeço ao meu tio Beto que sempre me apoiou e me incentivou nas decisões que tomei. Agradeço de forma especial meus amigos de Orândia que estiveram ao meu lado durante toda minha vida, não só nos grandes momentos (e quantos momentos), mas também nos momentos de decisões com inúmeros conselhos verdadeiros o qual sempre acato, mesmo que muitas vezes dolorosos. Agradeço aos meus amigos de universidade que traçaram comigo, desde o início, o longo caminho que foi para chegar até aqui e me tornar Engenheiro Eletricista (quantas noites sem dormir de estudos, conversas e festas). Agradeço aos meus amigos de trabalho da Elektro, que me apoiaram no inicio de minha trajetória profissional e me deram confiança para conseguir ocupar a posição que hoje ocupo. São muitas as pessoas que gostaria de agradecer, não apenas por este trabalho, mas por terem tido participação na minha formação e na minha vida.

"Continue andando. Haverá a chance de você ser barrado por um obstáculo, talvez por algo que você nem espere. Mas siga, até porque eu nunca ouvi falar de ninguém que foi barrado enquanto estava parado" (Charles F. Kettering)

RESUMO

As iniciativas de redes inteligentes de energia elétrica vêm sendo implementadas em larga escala e se encontram em fase de consolidação em vários mercados, com destaque para América do Norte e Europa.

Na América Latina, o Brasil assume um papel de destaque neste contexto, muito embora poucos projetos passem da fase piloto para implementações práticas e em produção.

Diante deste cenário, este presente trabalho tem como objetivo principal realizar um mapeamento de um modelo de plataforma de medição inteligente com o foco na infraestrutura de tecnologia de informação necessária para realização da medição remota de energia elétrica que vem sendo colocada em prática no contexto internacional.

Em um primeiro momento teremos uma abordagem do histórico da tecnologia da informação e sua importância para a evolução sociedade humana, assim como seus conceitos iniciais, princípios básicos e composição principal.

Feito isso, após os devidos embasamentos dos conceitos de tecnologia da informação, teremos em um segundo momento uma abordagem de conceito envolvendo redes inteligentes, desde sua composição sistêmica até o seu cenário no qual está inserida.

Ao final do trabalho, é apresentado a composição de uma estrutura de tecnologia de informação necessária para termos uma medição remota inteligente, alinhado com os conceitos inseridos no decorrer do trabalho.

Palavras-chave: Tecnologia da Informação, Redes Inteligentes, Medição Inteligente, Modelo de Plataforma de Medição Inteligente.

ABSTRACT

Smart grid initiatives are being deployed on a large scale and are in a phase of consolidation in several markets, especially in North America and Europe.

In Latin America, Brazil takes a prominent role in this context, although few projects proceed from pilot phase to practical implementations and in production.

The main objective is exhibit one model of an intelligent metering platform with the focus on the information technology infrastructure required to perform the remote measurement of electric energy that has been put into practice in the international context.

At first we will take an approach to the history of information technology and its importance to human society evolution, as well as its initial concept, basic principles and main composition.

After this, we will be have what is the concepts of information technology, and in a second moment, a concept approach involving intelligent networks, from the systemic composition until the scenario in which it is inserted.

In the end of the course conclusion monograph, we will show all the composition of an information technology structure and yours devices necessary in an intelligent remote measurement, in line with the concepts inserted in the course of the work.

Keywords: Information of Technology, Smart Grids, Smart Metering, Smart Metering Platform Model

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 —	Concessão Elektro	19
Figura 2 —	Estrutura de Alinhamento Estratégico	22
Figura 3 —	Componentes de Infraestrutura Física de TI	24
Figura 4 —	Rede Cliente Servidor Multicamadas	25
Figura 5 —	Modelo Genérico de Data center	28
Figura 6 —	Rede Genérica de Computadores	30
Figura 7 —	Rede de Longa Distância	32
Figura 8 —	VPN - Virtual Private Network	33
Figura 9 —	Modelo Cliente Servidor	34
Figura 10 —	Modelo de Rede Bus	36
Figura 11 —	Modelo Rede Ring	37
Figura 12 —	Modelo Rede Star	38
Figura 13 —	Modelo Rede Mesh	39
Figura 14 —	Modelo Rede Híbrida	40
Figura 15 —	Rede Unicast	41
Figura 16 —	Rede Broadcast	41
Figura 17 —	Rede Multicast	42
Figura 18 —	Camadas do Modelo OSI	43
Figura 19 —	Comparativo entre as camadas do modelo OSI com a arquitetura TCP/IP	45
Figura 20 —	Representação de uma rede inteligente	47
Figura 21 —	Arquitetura dos sistemas de medição de consumo de energia elétrica	53
Figura 22 —	Representação de uma infraestrutura de medição avançada	55
Figura 23 —	Infraestrutura de Comunicações em Redes Inteligentes	58
Figura 24 —	Representação de redes e integrações de equipamentos domésticos	59
Figura 25 —	Representação de divisão de um DSO	65
Figura 26 —	Topologia básica de rede RF MESH	68
Figura 27 —	Topologia física de um AMI	71
Figura 28 —	Topologia lógica de um AMI	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABT	Associação Brasileira de Tele atendimento
AD	Active Directory
AEI	Ashmore Energy International Limited
AES	American Electrical Systems
AMI	Advanced Meter Infrastructure
AMR	Automated Meter Reading
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AP's	Access Points
BAN	Building Area Network
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)
CA	Certificate Authority
CCM	Centro de Controle de Medição
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CGR	Connected Grid Router
COD	Centro de Operação de Distribuição
CPU	Central Processing Unit
CSR	Células de Serviços de Rede
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
DBMS	Database Management System
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DMZ	Demilitarized Zone
DNO	Distribution Network Operator
DNS	Domain Name Server
DSL	Digital Subscriber Line
DSO	Distribution System Operation
EDP	Energias de Portugal
ENISA	European Union Agency for Network and Information Security
EPC	Empresa Paranaense Comercializadora
ERP	Enterprise Resource Planning

ETB	Energia Total do Brasil
EUA	Estados Unidos da América
FAN	Field Area Network
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FOC	Fibre Optic Cables
HAN	Home Area Network
HES	Head - End System
IAN	Industrial Area Network
IED's	Intelligent Electronic Devices
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
ISO	International Standards Organization
LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
MDC	Meter Data Collector
MDM	Metering Data Management
MEG	Modelo de Excelência de Gestão
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NAN	Neighbourhood Area Network
NIC	Network Interface Cards
NIST	National Institute of Standards and Technology
NOS	Networking Operation System
NTP	Network Time Protocol
OSI	Open Systems Interconnection
P&D	Projeto Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento
PKI	Public Key Infraestructure
PLC	Power Line Carrier
PNQ	Prêmio Nacional da Qualidade
RF	Radio Frequência
RF	Rádio Frequência
RM - OSI	Reference Model for Open Systems Interconnection
SAN	Storage Area Networks
SCEP	Simple Certificate Enrollment Protocol

SEE	Sistema Empresarial Elektro
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SGBD	Sistema de gerenciamento de dados
SI	Sistemas de Informação
TCP	Transmission Control Protocol
TI	Tecnologia da Informação
TPS	Tunnel Provisioning Server
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
Wi-SUN	Wireless Smart Utility Network
SSM	Smart Software Manager
RSA	Rivest-Shamir-Adleman

LISTA DE SÍMBOLOS

&

E comercial

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	14
1.2	APRESENTAÇÃO DO QUE MOTIVOU O TRABALHO	15
1.3	OBJETIVOS	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	ELEKTRO	16
2.1	HISTÓRIA	16
2.2	ÁREA DE CONCESSÃO	18
2.3	MISSÃO, VISÃO E VALORES	19
3	A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	21
3.1	A IMPORTÂNCIA DA TI NO PROCESSO ORGANIZACIONAL	21
3.2	A INFRAESTRUTURA FÍSICA DE TI	23
3.2.1	Hardware	24
3.2.2	Softwares	25
3.2.3	Gerenciamento de Dados	26
3.2.4	Centro de Dados	27
3.2.5	Telecomunicações e Redes	29
3.3	TOPOLOGIA DE REDES	34
3.3.1	Principais Topologias Físicas	35
3.3.2	Principais Topologias Lógicas	40
3.4	PROTOCOLO DE REDES	42
4	REDES INTELIGENTES	46
4.1	INTRODUÇÃO	46
4.2	REDES INTELIGENTES DE ENERGIA	46
4.3	INFRAESTRUTURA DE MEDIÇÃO INTELIGENTE EM SISTEMAS DE TI	50
4.4	INFRAESTRUTURA DE MEDIÇÃO AVANÇADA	53
4.4.1	Head- End System (HES)	55
4.4.2	Concentradores, coletores e gateways	56
4.4.3	Medidores e Relays	56
4.4.4	Infraestrutura de Telecomunicações	56
4.5	REDES INTELIGENTES NO BRASIL	60
4.6	REDES INTELIGENTES NO CONTEXTO INTERNACIONAL	62
5	MAPEAMENTO DE UMA REDE DE MEDIÇÃO AVANÇADA	65
5.1	MEDIÇÃO INTELIGENTE - MODELO WI-SUN:	68
5.2	SISTEMAS DE TI	68
5.2.1	Composição do Head-End System (HES)	69

5.2.2	Topologia física da AMI	70
5.2.3	Topologia lógica da AMI	71
6	CONCLUSÃO	73
6.1	CONCLUSÕES	73
6.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

1.1 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

A computação é um corpo de conhecimentos formado por uma infraestrutura conceitual e um edifício tecnológico onde se materializam o hardware e o software. A preocupação constante de minimizar o esforço repetitivo e tedioso produziu o desenvolvimento de máquinas que passaram a substituir os homens em determinadas tarefas. Entre essas está o computador, que se expandiu e preencheu rapidamente os espaços modernos pelos quais circulam as pessoas (FONSECA FILHO, 2007).

Inicialmente, o uso de computadores era exclusivo de uso militar com o objetivo de conectar diferentes centros de comando, porém após o final da guerra fria, sua utilização foi fortemente expandida para o uso científico e educacional.

Com o passar do tempo, houve a criação dos circuitos integrados e dos microprocessadores, proporcionando uma significativa diminuição nos preços e também nos tamanhos dos computadores, fato que contribuiu para a tamanha disseminação da tecnologia no cenário mundial.

Neste contexto, a forma como os sistemas computacionais eram organizados também foi alterado de modo repentino, onde não apenas um computador é responsável por atender todas as necessidades da organização, mas sim vários, interconectados por uma rede de computadores.

No cenário empresarial, tal avanço tecnológico proporcionou que companhias dos mais variados setores pudessem consolidar métodos alternativos a fim de manter a competitividade e eficiência no gerenciamento e administração do negócio com a gestão da tecnologia da informação (TI) presente no dia a dia.

Sendo assim, o conceito de TI é mais abrangente do que os conceitos de processamento de dados, sistemas de informação (SI), engenharia de software, informática ou o conjunto de hardware e software, envolvendo também os aspectos humanos, administrativos e organizacionais.

A TI é capaz de gerar informações sobre as atividades da empresa e capacitar as pessoas a tomarem decisões tanto operacionais quanto estratégicas. Por facilitar e agilizar a captação, armazenamento, tratamento e disseminação da informação, a TI é amplamente utilizada quando a informação de grande relevância para os negócios.

1.2 APRESENTAÇÃO DO QUE MOTIVOU O TRABALHO

No ano de 2016, comecei a estagiar na companhia de transmissão e distribuição de energia elétrica chamada Elektro. O estágio foi realizado na Gerência de Tecnologia de Informação, mais especificamente na área de Sistemas Comerciais, responsável por sustentar e desenvolver soluções relacionados às áreas do negócio da companhia como: Atendimento ao Cliente, Faturamento, Arrecadação, Fiscal e Contábil.

Com foco nas integrações com os diversos módulos dentro da Gerência de Tecnologia de Informação, objetivei conhecer como estamos envolvidos com o negócio da Elektro e como funcionam os seus processos. Sendo assim, tive a ideia de mapear a infraestrutura de um sistema de medição inteligente.

1.3 OBJETIVOS

Neste trabalho será feito um mapeamento da infraestrutura física e lógica dos softwares responsáveis pela coleta remota dos dados de medição nos clientes que possuem medidores inteligentes capazes de se comunicar com a infraestrutura de rede presente na cidade onde se encontram instalados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Visando estabelecer um raciocínio contínuo, o presente estudo foi dividido em seis capítulos. O capítulo 1 traz o contexto em que esse trabalho se situa, apresentando o tema e seu objetivo.

O capítulo 2 descreve a história da companhia de energia onde trabalho atualmente no qual foi fonte de inspiração para o desenvolvimento do presente trabalho.

O capítulo 3 faz uma alusão inicial sobre o contexto onde temos inserido a tecnologia da informação, assim como a fundamentação teórica básica sobre os elementos básicos da infraestrutura física estuda nos capítulos posteriores

O capítulo 4 temos a introdução teórica sobre redes inteligentes, desde os seus principais conceitos e componentes físicos, até sua contextualização no cenário brasileiro e internacional.

Finalizando, os capítulos 5 e 6 apresentam, respectivamente, a composição genérica de uma infraestrutura física de medição inteligente e conclusões retiradas ao fim deste mapeamento.

2 ELEKTRO

2.1 HISTÓRIA

A Elektro foi constituída por meio da Assembleia Geral Extraordinária da Cesp, realizada em 6 de janeiro de 1998, sendo inicialmente uma sociedade por ações de capital fechado. Posteriormente, em Assembleia Geral Extraordinária, realizada em 23 de janeiro de 1998, a Cesp aprovou alteração estatutária da Elektro, elevando o seu capital social por meio da cessão de ativos relativos à distribuição de energia elétrica.

Em 1 de junho de 1998, deu-se o início das operações comerciais independentes da Elektro, com a concomitante transferência, para a Elektro, de todos os funcionários da Cesp que atuavam na distribuição de energia.

Ato contínuo, a Elektro obteve seu registro de companhia aberta junto a CVM no dia 8 de julho de 1998, sendo que, nos termos do Decreto Presidencial de 20 de agosto de 1998, por intermédio do Contrato de Concessão celebrado em 27 de agosto de 1998, a União concedeu à Elektro o direito de exploração dos serviços públicos de distribuição e de geração de energia elétrica nos municípios listados no Contrato de Concessão.

Por meio de leilões realizados na Bovespa, a Enron passou a deter indiretamente, por meio de suas *holdings* brasileiras, 99,62% do capital social total da Elektro (99,96% do capital votante).

Em 2 de dezembro de 2001, a Enron e algumas de suas afiliadas iniciaram um processo de proteção falimentar com base no Capítulo 11 da Lei de Falências dos Estados Unidos. Esse processo foi finalizado em 31 de agosto de 2004, quando a Enron transferiu sua participação acionária indireta na Elektro para a Prisma Energy International Inc. (Prisma Energy), concretizando assim uma das etapas do Plano de Reorganização da Enron, aprovado na Corte de Falências de Nova Iorque. Nesse estágio, a Prisma Energy passou a ser 100% controlada diretamente e indiretamente pela Enron.

Em 17 de novembro de 2004, o Plano entrou em pleno vigor e a Enron saiu do estado de falência, passando a ser considerada, a partir de então, uma empresa reorganizada, de acordo com o Capítulo 11 da Lei de Falências dos Estados Unidos da América.

Entre maio e setembro de 2006, a *Ashmore Energy International Limited* (AEI) adquiriu 100% das ações da controladora indireta da Elektro, PrismaEnergy, o que somente ocorreu após a obtenção dos consentimentos e aprovações necessários,

incluindo, no Brasil, a aprovação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e agentes repassadores de linhas de financiamento do BNDES.

Em 29 de dezembro de 2006, foi implementada a fusão das empresas Prisma Energy e Ashmore Energy International Limited, com o surgimento de uma empresa denominada Ashmore Energy International. Posteriormente, em 22 de outubro de 2007, houve a alteração da razão social dessa empresa de Ashmore Energy International para AEI.

A partir daí, a Elektro foi controlada diretamente pelas empresas holdings EPC – Empresa Paranaense Comercializadora, ETB – Energia Total do Brasil, AEI Investimentos Energéticos e AEI Brazil Finance que, conjuntamente, detinham 99,68% do capital total e 99,97% do capital votante da Companhia. A EPC detinha o bloco de controle com 64,55% do capital votante da Elektro. Todas as holdings mencionadas são indiretamente controladas pela AEI.

Atenta à importância da Gestão da Qualidade, em 2007, a Elektro foi certificada com a norma ISO 9001. A conquista soma-se a outras duas certificações obtidas pela empresa: a NBR ISO 14001:2004 (Meio Ambiente) e OHSAS 18001:2007 (Segurança e Saúde Ocupacional). Segundo a ABT (Associação Brasileira de Tele atendimento), em 2010, o Call Center da Elektro tornou-se o primeiro do Brasil a ser certificado nas três normas.

Em 2008, a Elektro inaugurou seu novo Centro de Distribuição, na cidade de Sumaré/SP, e passou a trabalhar com a divisão de sua área de concessão em quatro grandes regiões: Oeste, Centro, Sul e Leste, levando em consideração não apenas a localização geográfica, mas também as características socioeconômicas de cada macro região de sua área de concessão.

A Elektro entrou em 2009 com fortes investimentos nos temas Segurança, Produtividade, Qualidade e Inovação. Apoiada neste último, a empresa adquiriu novas tecnologias que mudaram o dia a dia dos colaboradores e revolucionaram a prestação dos serviços de distribuição de energia elétrica no Brasil. Exemplos desta inovação são os equipamentos *Digger Derrick* (que, em conjunto com a cesta aérea, permite a troca de postes e a substituição de cruzetas sem a interrupção do fornecimento de energia elétrica); e *Ez Hauler* (equipamento ideal para locais de difícil acesso, pois permite transportar e instalar postes em localidades remotas, com vegetação densa e solo arenoso ou pantanoso).

O ano de 2009, a Elektro teve seu rating corporativo elevado de brAA para brAA+, um dos melhores do setor elétrico; e o índice de Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) atingiu recorde histórico de 5,94, devido a uma eficiente manutenção preventiva. Em 2010, o rating de crédito

corporativo da Elektro foi elevado para brAAA, o melhor da escala, segundo a agência de classificação de riscos Standard & Poor's e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) foi de 5,75 interrupções no ano, nosso melhor nível histórico.

Em 2010, a empresa continuou seu processo de inovação trazendo ao país a cesta aérea híbrida, um equipamento que usa menos combustível fóssil e reduz a emissão de gás carbônico. A trajetória pela excelência teve um importante capítulo em outubro deste mesmo ano, quando a Elektro conquistou o Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ), demonstrando, assim, que a companhia passou por uma análise profunda de sua gestão que está baseada no Modelo de Excelência de Gestão (MEG) e no Sistema Empresarial Elektro (SEE), uma ferramenta que permite à Elektro alinhar a organização em torno de suas estratégias, garantindo à empresa um padrão de excelência em seus processos gerenciais.

Em abril de 2011, o processo de venda da Elektro para a Iberdrola foi concluído, assim, a empresa passou a fazer parte do maior grupo de energia elétrica da Espanha, que está presente em 40 países, conta com uma equipe de aproximadamente 30.000 pessoas e figura entre as cinco maiores empresas do setor elétrico do mundo. (ELEKTRO)

Em 24 de agosto de 2017, Elektro Holding S.A. foi incorporada pela Neoenergia S.A., após concluídas as aprovações necessárias e condições precedentes e conforme deliberação em assembleias gerais extraordinárias da Elektro Holding e da Neoenergia realizadas. Dessa forma, em decorrência da consumação da incorporação, a Neoenergia passa a ser acionista da Elektro Redes, na qualidade de sucessora universal da Elektro Holding, que é extinta, sendo que a Iberdrola Energia permanece controladora indireta da Elektro Redes (ELEKTRO).

2.2 ÁREA DE CONCESSÃO

A Elektro está entre as maiores distribuidoras de energia elétrica do país, atendendo 2,4 milhões de clientes de 223 cidades do Estado de São Paulo e cinco do Mato Grosso do Sul, envolvendo uma área de mais de 120 mil quilômetros quadrados.

Devido ao extenso território atendido, utiliza-se uma logística especialmente desenvolvida e que está presente em quatro regiões, todas com atendimento 100% presencial.

Possuí 104 Células de Serviços de Rede (CSRs) em toda área de concessão, além da Sede Corporativa em Campinas, onde estão a Central de Relacionamento com o Cliente e o Centro de Operação de Distribuição (COD). (ELEKTRO)

O mapa de concessão da Elektro pode ser visto a seguir.

Figura 1 - Concessão Elektro



Fonte: <https://www.elektro.com.br/>

Como pode ser visto pela Figura 1, a área de concessão é caracterizada pela diversidade social e econômica das regiões, equivalente a uma área de 121.000 km². Além disso, abrange cerca de 80% das áreas de preservação ambiental do estado de São Paulo.

Atualmente, a Elektro é a oitava maior distribuidora de energia elétrica do Brasil e a terceira do estado de São Paulo, sendo responsável por 111 mil quilômetros de redes de distribuição e 1498 quilômetros de linhas de transmissão.

2.3 MISSÃO, VISÃO E VALORES

As atividades executada pela companhia seguem um conjunto de valores e princípios.

Missão

Distribuir energia elétrica com segurança e qualidade para o desenvolvimento e bem-estar das comunidades atendidas, gerando crescente valor para clientes, colaboradores e acionistas.

Visão

Ser a distribuidora de energia elétrica mais admirada do País.

Valores

- **Segurança:** Segurança é um princípio operacional básico. Tudo deve ser feito com absoluta segurança. Se o colaborador se deparar com qualquer situação insegura, ele terá direito de recusa em executar o trabalho, sem qualquer consequência. Por outro lado, não haverá tolerância ao não cumprimento de todas as normas e procedimentos que visem garantir a segurança no trabalho.

- **Respeito:** O respeito às pessoas é um dos alicerces da Elektro. Não são tolerados abusos ou desrespeito. A insensibilidade e a arrogância não têm lugar na Organização.

- **Integridade:** A Elektro zela por sua postura de imparcialidade e integridade moral no relacionamento com os públicos internos e externos, pois acredita que assim é possível construir uma relação de confiança e credibilidade.

- **Comunicação:** A comunicação na Elektro é pautada pela clareza e objetividade. Diversos meios e ferramentas são utilizados para a disseminação das informações na Empresa, levando em consideração a dispersão geográfica de seus colaboradores e as especificidades de cada área.

- **Excelência:** O compromisso da Elektro com a excelência é evidenciado na busca pela inovação de suas atividades, pelo reconhecimento da qualidade e consistência dos serviços prestados e pela valorização do seu potencial humano. Estes fatores elevam as responsabilidades, mas asseguram a solidez, a versatilidade e o dinamismo da Empresa.

3 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Este capítulo será responsável por introduzir assuntos teóricos que foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho em questão. Serão abordados assuntos relativos à importância da TI no processo organizacional e aos componentes da infraestrutura física.

3.1 A IMPORTÂNCIA DA TI NO PROCESSO ORGANIZACIONAL

Atualmente vivemos em um mercado altamente globalizado, caracterizado por constantes transformações, e inundado regularmente por novos produtos, serviços e descobertas. Isto tem feito com que as organizações se preocupem cada vez mais em identificar a melhor forma de empregar seus recursos de forma a obter um diferencial competitivo para a manutenção de clientes e conquista de novos nichos de mercado. Na chamada “Era da informação”, a base da riqueza das organizações não provém mais do ativo contábil ou da massificação da produção, mas sim do capital intelectual, do uso sistemático do conhecimento de mercados, domínios de processos e tecnologias e relacionamento com organizações, como geradores de vantagens competitivas (GILBERT BREVES MARTINS, RHANDSAISSEM TAVARES LEAL, FABÍOLA NAZARÉ BORGES, VALDIR SAMPAIO DA SILVA, Fev 2003, p. 1).

Os processos organizacionais são os processos de trabalho necessário para apoiar e moldar a habilidade da organização em executar as estratégias do negócio. É responsável por determinar como as operações fundamentais da organização irá operar e fluir, pelo fato de ser determinante no grau do fluxo de trabalho e sua estruturação, tornando o processo mais efetivo.

Os processos de trabalho envolvem decisões concernentes aos fluxos de trabalho, que podem apresentar diferentes graus conforme a estruturação organizacional e a utilização da TI, automatizando os processos, as informações e as tarefas.

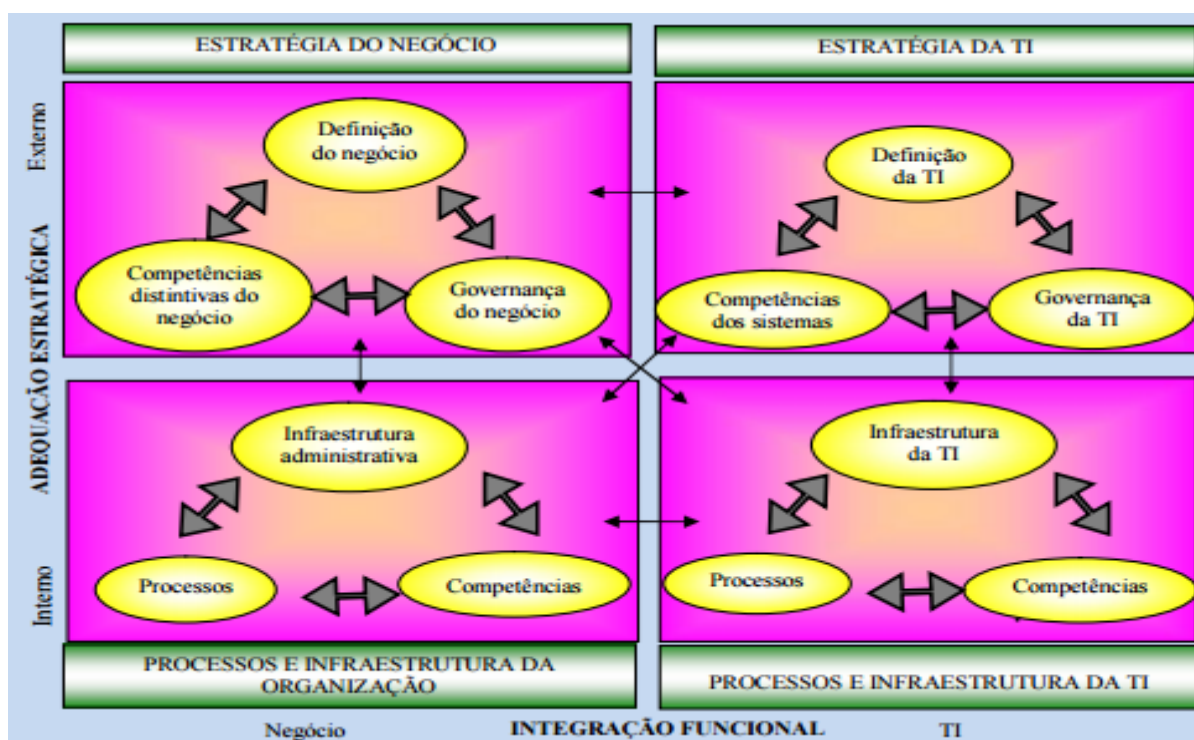
Para o aprimoramento dos processos, é preciso que haja inovações organizacionais para sustentar as inovações tecnológicas. Deve-se se partir de uma análise da estruturação interna, primeiramente em relação às funções organizacionais básicas e às competências essenciais do negócio.

A TI deve ser vista como um processo global na organização. Em razão de partes da TI se transformarem em *commodities* mais facilmente na atualidade, é preciso criar um ambiente informacional fundamentado numa tecnologia flexível e num sistema eficiente para que os processos da TI auxiliem na tomada de decisões, permeados pela colaboração, comunicação, gerando, armazenando e distribuindo conhecimento.

Portanto é importante que se destaque o grau de relação entre o a estratégia do negócio, a estratégia de TI, processos e infraestrutura do negócio e processo e infraestrutura de TI, no qual poderá possibilitar que a organização alcance seus objetivos, melhorando sua capacidade de competição, qualidade e produtividade; criando assim, novas oportunidades no mercado de trabalho que se encontra inserido.

Na figura 2 é possível ver um exemplo de como um modelo de adequação estratégica relaciona diversos domínios para funcionamento do negócio da empresa.

Figura 2 - Estrutura de Alinhamento Estratégico



Fonte: Henderson e Venkatraman 1993

Da pré-informática ao conhecimento estratégico, a integração da Tecnologia da Informação ao processo organizacional é um fator crítico para a execução das estratégias de uma organização. O gerenciamento das informações proporciona um melhor cenário para a concepção de idéias inovadoras e suporte à tomada de decisões, facilitando a seleção, distribuição, operação, manutenção e evolução dos bens da organização de forma coerente com suas metas e seus objetivos. (GILBERT BREVES MARTINS, RHANSAISSEM TAVARES LEAL, FABÍOLA NAZARÉ BORGES, VALDIR SAMPAIO DA SILVA, Fev 2003).

Em muitos casos, as organizações possuem dentro de si o material humano e tecnológico necessário para ajustar-se ao novo cenário da “Era do Conhecimento”, faltando apenas o estabelecimento de uma política sólida para a gestão da TI. Para

que a TI seja um elemento diferencial competitivo para a organização, a mesma deve ser encarada como um investimento, e não como um “centro de custo” (GILBERT BREVES MARTINS, RHANSAISSEM TAVARES LEAL, FABÍOLA NAZARÉ BORGES, VALDIR SAMPAIO DA SILVA, Fev 2003).

Neste contexto, os desafios atuais da TI são guiados por três fatores: enormes volumes de informações da “Era das Redes”, transformações contínuas do local de trabalho e necessidades de codificação do conhecimento. O primeiro fator é intrínseco a TI, sob um ponto de vista de suporte às necessidades de infraestrutura básica das organizações. Já os demais fatores definem a dinâmica que a TI deve incorporar para absorver necessidades de flexibilidade de processos e integrar aprendizagem, conhecimento e competências em ambientes colaborativo sem fronteiras geográficas.

Assim, muitas empresas têm repensado a TI como um valioso recurso estratégico no auxílio ao melhor aproveitamento de seus recursos e na conquista de vantagens competitivas, e não somente como um centro de custo, no qual podemos dizer que empresas que permanecem competitivas são aquelas que reconhecem o valor das informações e estruturam suas atividades e sistemas de informação de forma a maximizar esses recursos (GILBERT BREVES MARTINS, RHANSAISSEM TAVARES LEAL, FABÍOLA NAZARÉ BORGES, VALDIR SAMPAIO DA SILVA, Fev 2003, p. 5).

3.2 A INFRAESTRUTURA FÍSICA DE TI

Podemos dizer que a infraestrutura física de TI é composta por cinco elementos principais: hardware, software, tecnologias de gestão de dados, tecnologia de redes e telecomunicações e serviços de tecnologias disponíveis, como demonstrado na imagem abaixo.

Figura 3 - Componentes de Infraestrutura Física de TI



Fonte: Laudon e Laudon 2011

3.2.1 Hardware

Segundo Laudon e Laudon (2011), o hardware, seus dispositivos e periféricos são compostos por conjuntos de componentes físicos integrados que serão responsáveis pelo o processamento computacional como armazenamento, entrada e saída de dados, incluindo servidores, computadores pessoais, dispositivos móveis e meios físicos para armazenar dados.

Dentre os tipos de hardware existem diversos dispositivos que atuam como processadores de entrada e saída de dados. Um exemplo é o servidor, responsável por armazenar e processar dados compartilhados e por também executar funções de gerenciamento de rede. (REZENDE E ABREU, 2013)

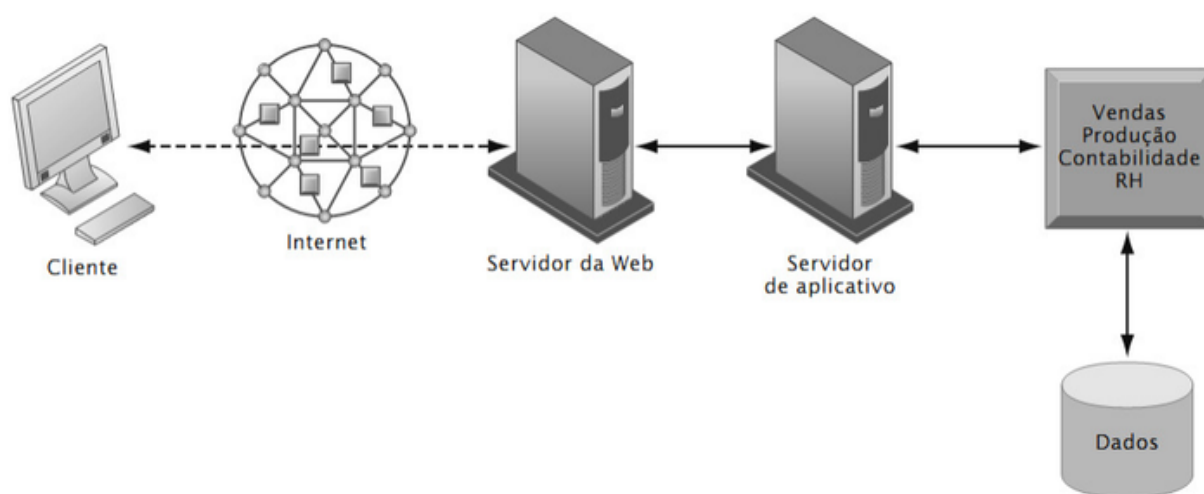
Diante deste cenário, o processamento computacional é dividido entre máquinas clientes e máquinas servidoras conectadas por uma rede, fundamentada na arquitetura Cliente/Servidor, que pode um modelo onde dois ou mais computadores interagem de modo que um oferece os serviços aos outros,

permitindo que os usuários possam acessar informações e serviços de qualquer lugar. (LAUDON, 2011)

Portanto, uma definição para a arquitetura Cliente/Servidor seria a existência de uma plataforma base para que as aplicações, onde um ou mais Clientes e um ou mais Servidores, juntamente com o Sistema Operacional e o Sistema Operacional de Rede, executem um processamento distribuído.

A imagem abaixo retrata um modelo da arquitetura multicamadas de Cliente/Servidor no qual a carga de rede é distribuída por diferentes níveis de servidores.

Figura 4 - Rede Cliente Servidor Multicamadas



Fonte: Rezende e Abreu, 2013

Além dos dispositivos responsáveis por processar os dados, é necessário a utilização de dispositivos de armazenamento como discos magnéticos, discos ópticos, fita magnética e redes de armazenamento ou *Storage Area Networks* (SAN) (LAUDON, 2011).

Para completar a análise, temos também os periféricos, nos quais trabalham em conjunto com os computadores e podem ser de entrada (teclado, mouse, microfones, câmeras), de saída (monitores, impressoras, etc.), ou ainda ambos, como placa de rede e telefones. Juntamente com o hardware, deve-se observar também os dispositivos de infraestrutura como a rede elétrica, *nobreaks* e geradores (REZENDE E ABREU, 2013).

3.2.2 Softwares

O software é dividido em dois tipos: os softwares de sistemas, que administram os recursos e as atividades dos computadores e os softwares

aplicativos que são desenvolvidos com um objetivo específico solicitados pelo usuário final (B.N, 2012).

Dentre os softwares de sistema temos o sistema operacional que gerencia e controla as atividades do computador. Ele é responsável por prover recursos de hardware para as aplicações, alocar memória, controlar os recursos de entrada e saída e a execução de diversas tarefas realizadas pelo computador. Outro software de sistema é caracterizado por converter a linguagem de programação para a linguagem de máquina, bem como programas utilitários que executam tarefas comuns, como cálculo e classificações. (B.N, 2012)

O software de sistema é o responsável por administrar os recursos disponíveis e as atividades dos computadores, no qual consiste em operar um aglomerado de instruções responsável por transformar o hardware em um sistema que permitirá que o usuário faça funcionar suas atividades de acordo com os requisitos envolvidos para seguimento do negócio.

Como exemplo de um software de sistema, podemos citar o sistema operacional, responsável por gerenciar e controlar as atividades do computador, sendo capaz de gerenciar processos, memórias, arquivos, dispositivos periféricos, entre outros.

O software de aplicação é aquele que poderá ser desenvolvido por uma empresa e adquirido por terceiros, pois é desenvolvido com o objetivo de resolver uma necessidade específica, utilizando os recursos de hardware por meio do sistema operacional em questão.

No âmbito empresarial, a fim de atender as necessidades requisitadas para o funcionamento correto dos processos envolvidos, é frequente o desenvolvimento dos mesmos ou aquisição através de licenças.

3.2.3 Gerenciamento de Dados

Segundo Laudon e Laudon (2011), um banco de dados é um conjunto de dados que estão relacionados entre si, no qual possui diferentes tipos de informações. Um exemplo concreto de um banco de dados é um conjunto de informações sobre o cliente da empresa, como por exemplo, no caso de uma companhia de distribuição de energia elétrica, tem-se armazenado em um banco de dados todos os endereços das unidades consumidoras envolvidas. Os dados são normalmente organizados em tabelas com linhas e colunas, onde cada uma das tabelas contém diferentes tipos de informações.

A fim de realizar o gerenciamento dos dados envolvidos, é necessário a utilização de um software, cujo nome genérico é conhecido por *Database*

Management System (DBMS), que será responsável por controlar o armazenamento, organizar e recuperar os dados caso seja necessário.

Existem hoje, diferentes tipos de ferramentas que possui a capacidade operacional de gerar informação de valor para uma organização. Um sistema de gerenciamento de dados (SGBD) age como interface entre os softwares de aplicação e os dados físicos.

Tipicamente, um SGBD tem os seguintes elementos:

- Código Fonte: Responsável por gerenciar a memória e armazenamento para os SGBD, estabelecendo uma comunicação eficaz entre os recursos do sistema.
- Dicionário de Dados: Conhecido como Metadado, ou seja, é uma abstração do dado, capaz de indicar se uma determinada base de dados existe, quais são os atributos de uma tabela e suas características como tamanho de formato do dado (INMON, William H. Enterprise meta data).
- Linguagem de Manipulação de Dados: Esta linguagem permite que os aplicativos recuperem as informações contidas nos dados e permite também que possamos altera-los na base.

Um aplicativo de banco de dados é um programa de software que interage com um banco de dados, permitindo o acesso e manipulação dos mesmo. O padrão dos principais SGBD do mercado é a linguagem SQL. A gestão de dados prevê também a necessidade de cópias periódicas dos bancos de dados, armazenadas fora do ambiente físico principal, de modo que permita uma fácil e efetiva recuperação das informações caso seja necessário. (REZENDE E ABREU, 2013).

3.2.4 Centro de Dados

Um centro de dados, ou Data Center, é uma modalidade de serviço que é capaz de oferecer recursos de processamento e armazenamento de dados em larga escala, permitindo que as organizações envolvidas, possam ter uma estrutura com alta segurança e alta capacidade do ponto de vista de hardware e software para processar as informações. (Infraestrutura Elétrica para Redes de Computadores, Santos Pinheiro).

A figura 4 a seguir, ilustra um modelo genérico de centro de dados:

Figura 5 - Modelo Genérico de Data center



Fonte: Schneider Electric Brasil

O Data Center é um ambiente projetado para hospedar diversos servidores e outros componentes como os sistemas de armazenamento de dados (*storages*) e os ativos de rede como os *switches* e roteadores.

O principal objetivo de um centro de dados é garantir a disponibilidade dos equipamentos que são fundamentais para o negócio da organização, portanto o gerenciamento é um dos sistemas que o Data Center oferece na previsão de falhas dos sistemas e equipamentos dos usuários.

Em linhas gerais, para que um Data Center suporte todas as aplicações para que o mesmo foi projetado, é necessário que padrões sejam seguidos, pois o estabelecimento de confiabilidade e disponibilidade é requisito para esse tipo de centro de dados. Atualmente a norma regulamenta e padroniza a construção de Data Centers, a ANSI/TIA/EIA-942 (Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers).

O padrão TIA 942 fornece todos os requisitos para que os Data Centers possa suportar as tecnologias existentes. A construção do Data Center requer uma integração entre todos os produtos, objetivando uma solução final. Em linhas gerais, o Data Center deve conter:

a. Infraestrutura de Rede: Possui diversas conexões redundantes com mais de um fornecedor de *backbone* a fim de garantir que os sistemas presentes nos centro de dados permaneçam acessíveis mesmo em caso de falhas com a Internet.

b. Segurança Física: Somente pessoas autorizadas devem possuir autonomia de acesso no local. Geralmente, possuem câmeras de segurança e vigilância.

c. Combate e Prevenção Contra Incêndios: Sistema que evita que os equipamentos sejam danificados por incêndio. Possuem sistema de detecção de fumaça, extintores, gases inibidores e procedimentos de brigadas de incêndio.

d. Refrigeração: A temperatura do ambiente dentro do Data Center deve estar em níveis que sejam aceitáveis para a operação dos equipamentos que lá estão presentes. O equipamento de refrigeração deve ser redundante.

e. Energia: Deve-se existir um sistema de fornecimento de energia composto por *nobreaks*, geradores e alimentação por mais de uma fonte a fim de garantir continuidade do fornecimento de energia.

Além das recomendações acima, é importante também observar a localização geográfica, evitando, por exemplo, locais vulneráveis a adversidades climáticas, pistas de aeroportos e locais ao lado de linhas de transmissão elétrica (MARIN, 2011).

3.2.5 Telecomunicações e Redes

O conceito de tecnologia de telecomunicações e redes é fundamental para compreensão da infraestrutura de informática, pois a maioria das empresas estão conectadas em redes de telecomunicações, superando barreiras geográficas, de tempo, custo e estrutura.

Este fato permiti aos usuários que a troca eletrônica de dados e informações com outros usuários e parceiros de negócios seja feita de qualquer local do mundo, o que resulta no aumento do poder de inserção da organização na economia mundial.

Ao se analisar a aplicação comercial das Telecomunicações, podemos defini-la como a troca de informações (voz, dados, texto, gráfico e imagens) por meio de redes locais baseadas em computadores, quanto por meio de acesso externo (Internet).

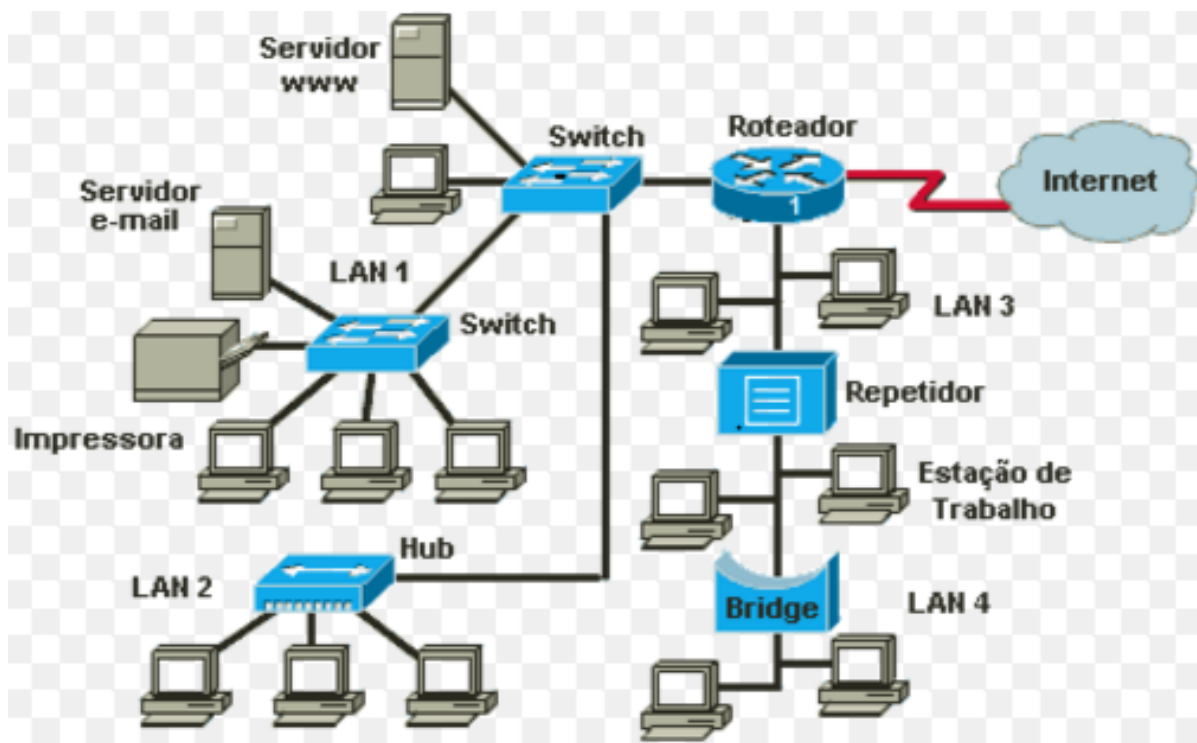
Um sistema de telecomunicação pode ser definido um conjunto de equipamentos e programas organizados de forma que propicia a comunicação de informações por meios de diferentes canais de comunicação, normalmente envolvendo alguma distância física e uma rede de comunicação pode ser definida como um conjunto de objetos e pessoas interconectadas que faz uso do sistema de telecomunicação para propiciar que a circulação de informações seja expandida.

Levando-se em conta os conceitos anteriores, a rede de computadores é a grande responsável pela união de um sistema de telecomunicação ao conceito de rede de comunicação.

Basicamente, uma rede de computadores é composto por dois ou mais dispositivos eletrônicos interligados por sistemas de comunicações que permitem compartilhar recursos físicos e lógicos .

A figura 6 permite ter uma simples ideia dos componentes de uma rede, apresentando componentes como o Servidores (*Networking Operation System – NOS*), unidades centrais de processamento de dados (*Central Processing Unit – CPU*), meios físicos de comunicação, softwares operacionais do sistema e ativos de rede.

Figura 6 - Rede Genérica de Computadores



Fonte: Pinheiro, 2003

A rede de telecomunicação, em geral, é composto por cinco componentes básicos:

- Terminais: Compostos pelos dispositivos de entrada/saída utilizado para transmitir ou receber os dados (Terminais de Vídeos, Microcomputadores, etc.).
- Processadores de Telecomunicações: Responsáveis pelo apoio na transmissão e recepção de dados entre terminais e computadores permitindo a conexão de computadores em rede (Repetidores, Roteadores, Hubs, Switches, entre outros).
- Canais de Telecomunicações: Responsáveis por conectar o equipamento físico utilizado na rede a um outro local, transmitindo e recebendo dados. (Cabos de Cobre, Fibra Ótica, Satélites, etc.).
- Computadores: Mainframes (Computadores de grande porte), computadores de médio porte e microcomputadores.
- Softwares de Controle: São os responsáveis por controlar as atividades do sistema de telecomunicação e gerenciar as funções das redes, por isso é considerado um componente fundamental de todas as redes de telecomunicações. O software de controle pode residir em computadores, servidores e processadores de comunicação.

Atualmente, existem inúmeros tipos de redes de telecomunicações. Porém iremos analisar a seguir, as redes mais comuns do ponto de vista do usuário e do ponto de vista empresarial.

a. Redes Remotas (Wide Area Network – WAN):

É considerada uma rede de longa distância e sua utilização é feita para compartilhar recursos por uma ampla área geográfica (Cidades metropolitanas, Países, Continentes, etc.). Normalmente as redes de longa distância são utilizadas por serviços públicos de comunicação, pois apresentam custos de comunicação significativamente elevado. (DAMASCO, 2017)

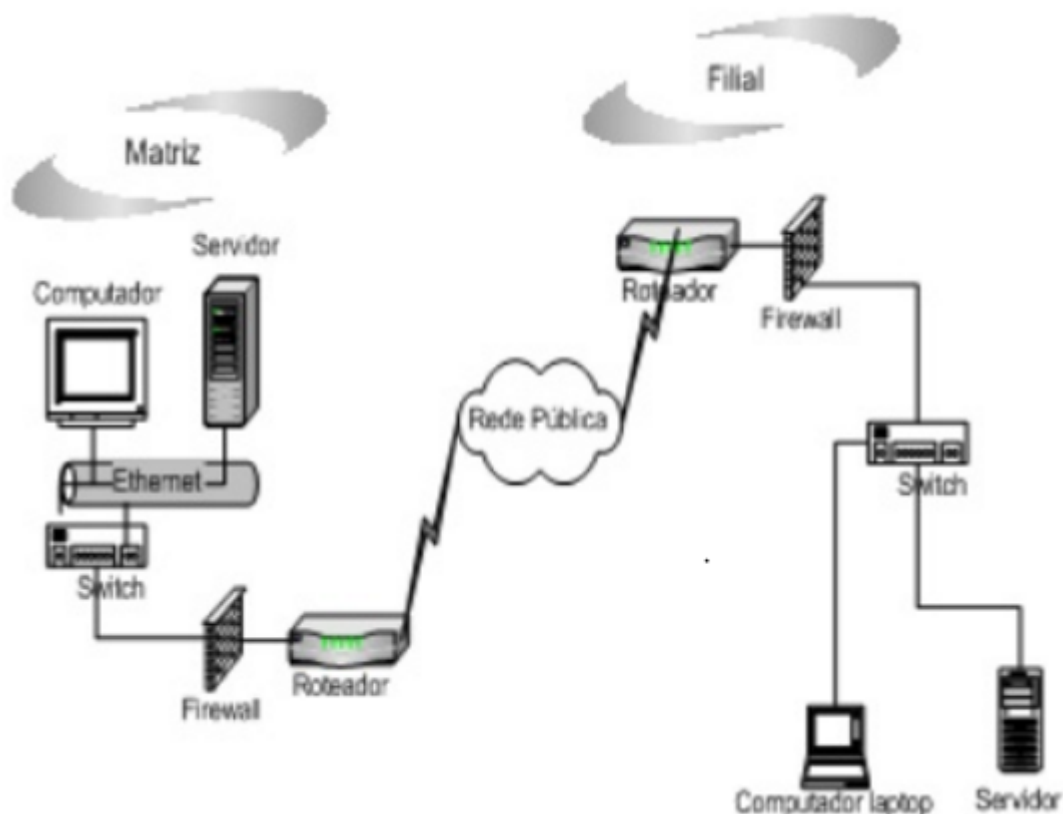
Devido ao fato de por diversas vezes serem construídas com a utilização de comunicação via satélite, esse tipo de rede de comunicação possuem uma maior chance de ocorrer alguns tipos de perdas de pacotes e erros de transmissão, quando comparado à outros tipos de redes. (DAMASCO, 2017)

Um grande exemplo de interligação de redes e rede de longa distância é a Internet, que nada mais é que um conjunto de redes locais e de longa distância, públicas e privadas.

Levando-se em consideração a visão empresarial, este tipo de rede se torna importante, pois se uma organização possuir mais de uma unidade física, este tipo de rede poderá conectar todas as filiais à matriz.

A figura 7 abaixo, mostra uma possível disposição de uma rede de longa distância, no qual é possível visualizar a interconexão pela rede pública.

Figura 7 - Rede de Longa Distância



Fonte: Soares 2003

b. Redes Locais (Local Area Network – LAN):

Uma rede local possui abrangência física de comunicação limitada, geralmente cobrindo áreas como escritórios, salas de aula, prédios e fábricas. Esse tipo de rede pertence a uma única organização e conseqüentemente, sua administração tem origem os recursos privados. (DA SILVA, 2007).

Em geral, possui velocidade de dado elevado, podendo ser cabeada (*Ethernet*) ou sem fio (WiFi). Utiliza um servidor de rede que contém um programa operacional de rede a fim de controlar as telecomunicações e o uso de recursos da rede, permitindo que os usuários finais se comuniquem de forma eficiente,

compartilhando recursos de hardware, software e dados. (DA SILVA, 2007)

c. Redes Interconectadas com a Internet

São redes semelhantes à Internet e são denominadas de intranets dentro de cada organização envolvida. Esta rede conecta à Internet e também às redes extranets, responsáveis pelo fornecimento de links eletrônicos para os parceiros de negócio.

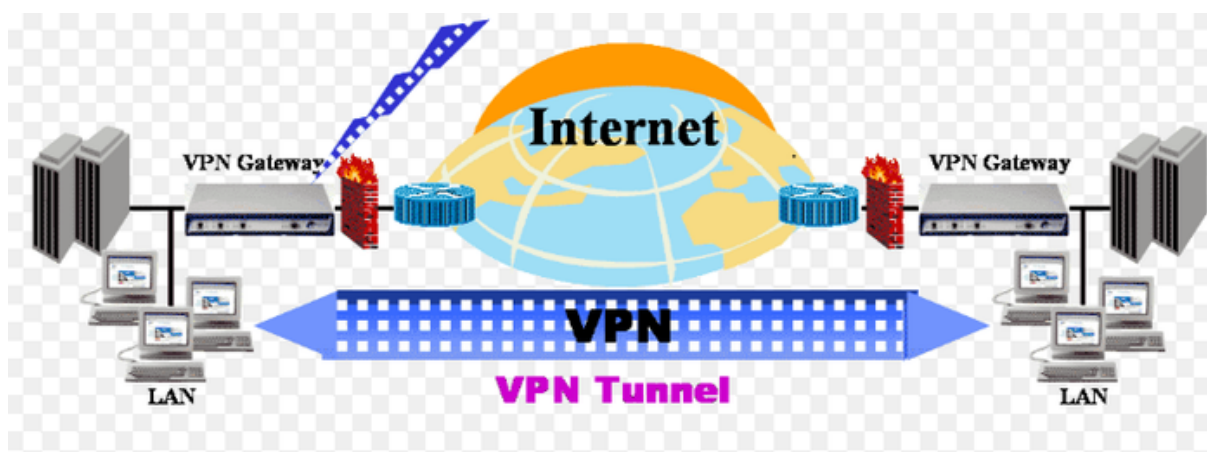
A intranet é uma plataforma de rede independente, com informações internas da organização, voltadas aos funcionários, no qual é responsável por fornecer acesso fácil e rápido a informações de dados corporativos.

Já a extranet pode ser definida como uma extensão da rede privada da empresa, no qual permite o acesso parcial aos processos internos aos seus clientes, parceiros e fornecedores. Diversas organizações utilizam as redes virtuais privadas (Virtual Private Network -VPN) para estabelecer intranets e extranets seguras.

Uma VPN é uma rede segura que utiliza a Internet com a sua principal rede, baseando-se em dispositivos de proteção (*firewalls*) para manter seguros os dados que estão trafegando. (MACEDO, 2013)

A imagem 8, permite visualizar uma forma interessante de se utilizar a VPN quando o desejo é implantar uma Extranet, no qual os componentes e recursos de uma rede estão conectados sobre outra rede, utilizando-se de um túnel via Internet ou outra rede pública, de forma que os usuários deste túnel façam uso dos recursos de segurança e serviços, como se estivessem conectados a uma rede privada.

Figura 8 - VPN - Virtual Private Network



Fonte: GLEESON, B.A, 2000 - Modificado

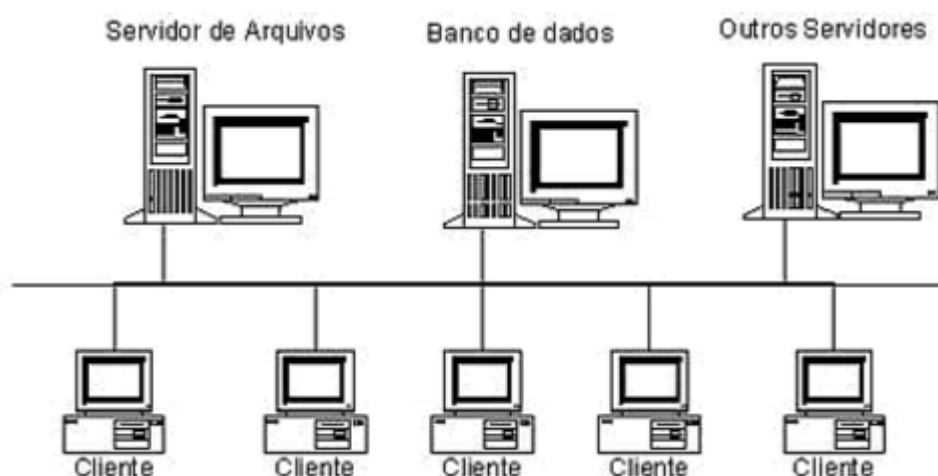
d. Redes Cliente/Servidor:

A tecnologia cliente/servidor é uma arquitetura na qual o processamento da informação é dividido em módulos ou processos distintos. Um processo é responsável pela manutenção da informação (servidores) e outros responsáveis pela obtenção dos dados (os clientes). No cenário atual, esta arquitetura tem se tornado predominante de informações na computação empresarial.

Dentre as características deste tipo de arquitetura, é importante ressaltar o papel dos clientes, no qual estão conectados por redes locais e compartilham, ao mesmo tempo, o processamento de aplicações com servidores presente na rede.

As LAN's podem ser interconectadas com outras LAN's e redes remotas de estações de trabalho de clientes e servidores, compartilhando processamento de aplicações e controle de hardware, software e banco de dados comuns.

Figura 9 - Modelo Cliente Servidor



Fonte: Macedo (2013)

e. Redes Inter Organizacionais:

Permite que indivíduos possam se comunicar diretamente ou em grupo sem a necessidade de uma hierarquia pré-definida entre os diversos elementos de uma rede, no qual o controle da rede é marcado pela descentralização, conectando redes locais e remotas de uma empresa às redes de clientes e terceiros.

Diante disso, é comum as empresas utilizarem este tipo de arquitetura a fim de aumentar a conexão com fornecedores de serviços de informação e outras organizações externas para compartilhar as informações para tomada de decisão gerencial de maneira mais rápida e qualificada.

3.3 TOPOLOGIA DE REDES

É responsável por descrever como os elementos de uma rede estão arranjados, tanto no aspecto físico como no aspecto lógico.

A topologia física faz referência à disposição física dos componentes da rede, ao passo que a topologia lógica nos evidencia a forma como os dados trafegam dentro dessa rede e é independente da topologia física envolvida.

Topologias lógicas são capazes de serem reconfiguradas dinamicamente por tipos especiais de equipamentos como roteadores e *switches*.

O estudo da topologia utilizado na montagem da rede se faz importante pois ela influenciará os recursos de hardware, seu gerenciamento e as possibilidades de expansão futura.

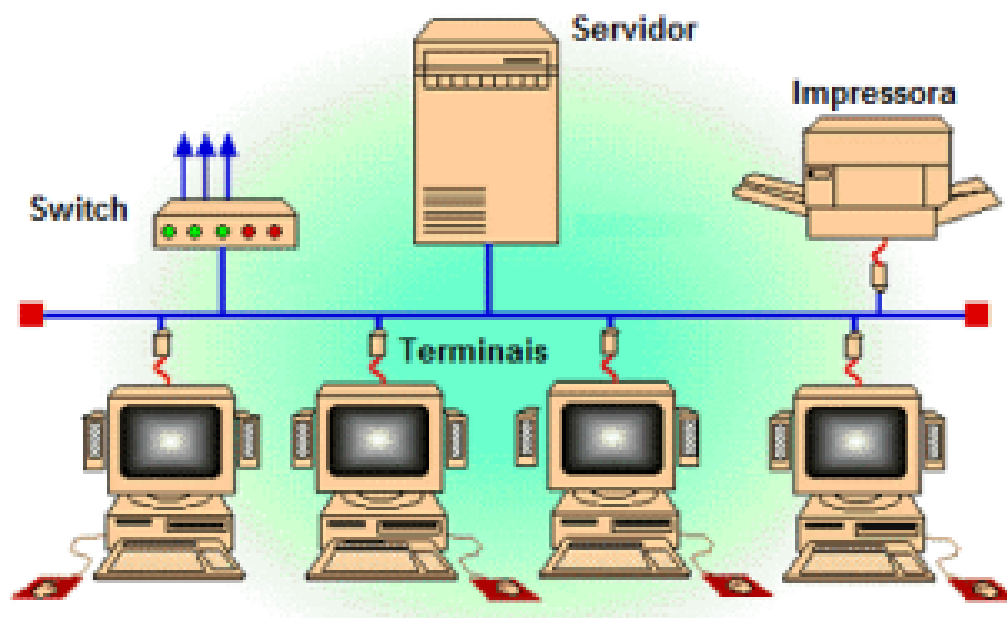
3.3.1 Principais Topologias Físicas

- Rede Barramento (Bus):

Neste tipo de configuração, todos os nodos se ligam ao mesmo meio de transmissão, possuindo uma abordagem descentralizada. É comum que seja utilizada para conectar um pequeno grupo de computadores que compartilham o mesmo dado.

O desempenho de um sistema em barra comum é determinado pelo meio de transmissão, número de nodos conectados, controle de acesso, tipos de tráfego entre outros fatores. O tempo de resposta pode ser altamente dependente do protocolo de acesso utilizado.

Figura 10 - Modelo de Rede Bus



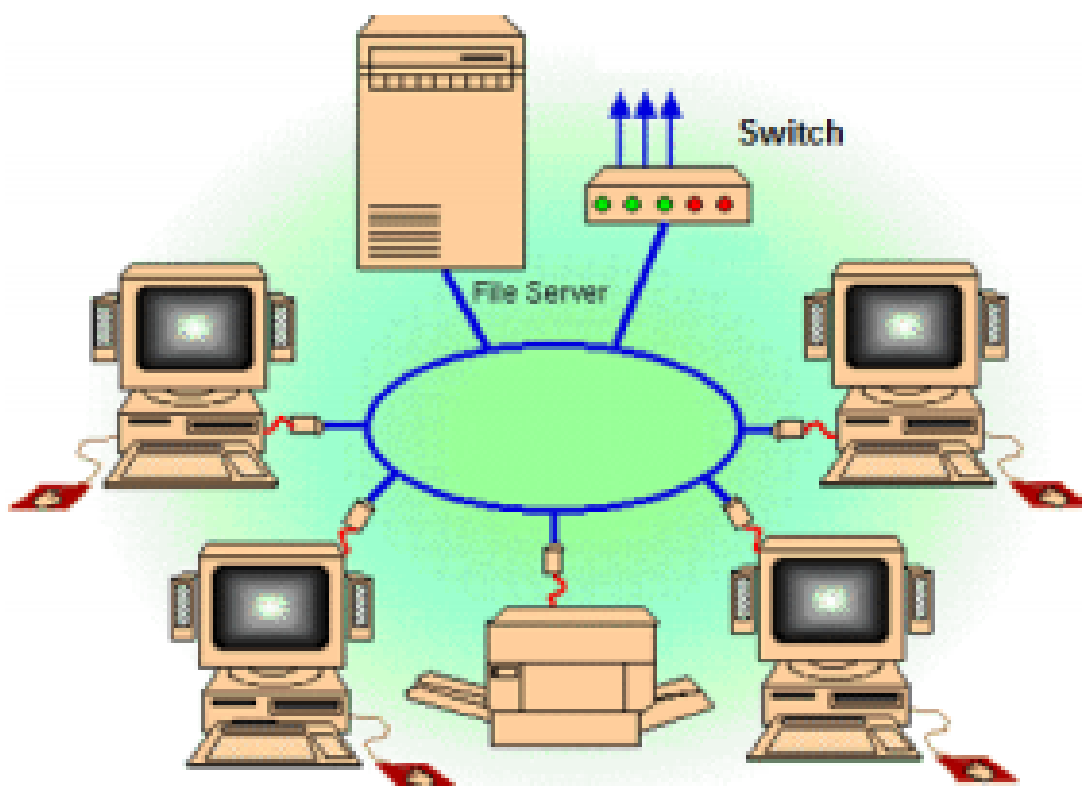
Fonte: S. pinheiro

- Rede Anel (*Ring*):

Uma rede em anel corresponde ao formato que a rede possui. Neste caso, recebem esta denominação pois os dispositivos conectados na rede formam um circuito fechado, no formato de um anel (ou círculo). Neste tipo de topologia os dados são transmitidos unidirecionalmente, ou seja, em uma única direção, até chegar ao computador destino. Desta forma, o sinal emitido pelo computador origem passa por diversos outros computadores, que retransmitem este sinal até que o mesmo chegue ao computador destino. Vale lembrar aqui que cada computador possui seu endereço que é identificado por cada estação que compõe a rede em anel (FRANCISCATTO, DE CRISTO E PERLIN, 2014, p. 31).

Erros de transmissão e processamento pode fazer com que uma mensagem continue eternamente a circular no Anel e devido à sua topologia, a mesma é pouco tolerante à falhas que possa vir a ocorrer.

Figura 11 - Modelo Rede Ring



Fonte: S. pinheiro

- Rede de Estrela (*Star*):

Nesta topologia de rede todos os dispositivos são conectados a um dispositivo distribuidor de comunicações central, como um *Hub* ou um *Switch*.

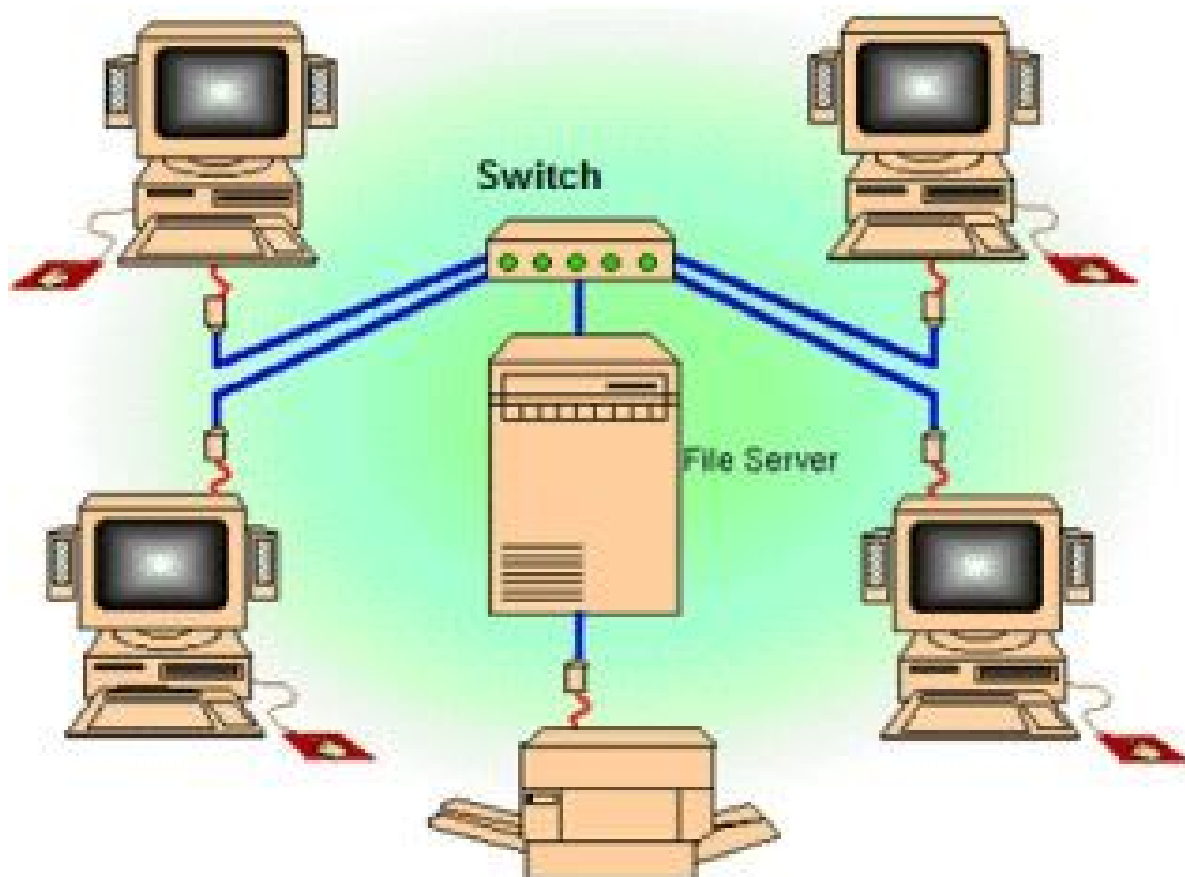
O concentrador da rede possui a função de realizar o fluxo de dados e o gerenciamento da rede. Concentradores atuais (*Switch* e roteadores) conseguem realizar os procedimentos necessários a rede de forma rápida e sem gerar tráfego a mesma, diferentemente dos antigos hubs utilizados neste tipo de topologia, onde os mesmos duplicavam a informação a todos os computadores ligados a ele. (FRANCISCATTO, DE CRISTO E PERLIN, 2014, p. 32).

No caso de ocorrer falha em uma estação ou no elo de ligação com o nodo central, apenas esta estação fica fora de operação. Entretanto, se uma falha ocorrer no nodo central, todo o sistema pode ficar fora do ar. A solução deste problema seria a redundância, mas isto acarreta um aumento considerável dos custos.

O desempenho obtido numa rede em estrela depende da quantidade de

tempo requerido pelo nodo central para processar e encaminhar mensagens, e da carga de tráfego de conexão.

Figura 12 - Modelo Rede Star



Fonte: S. pinheiro

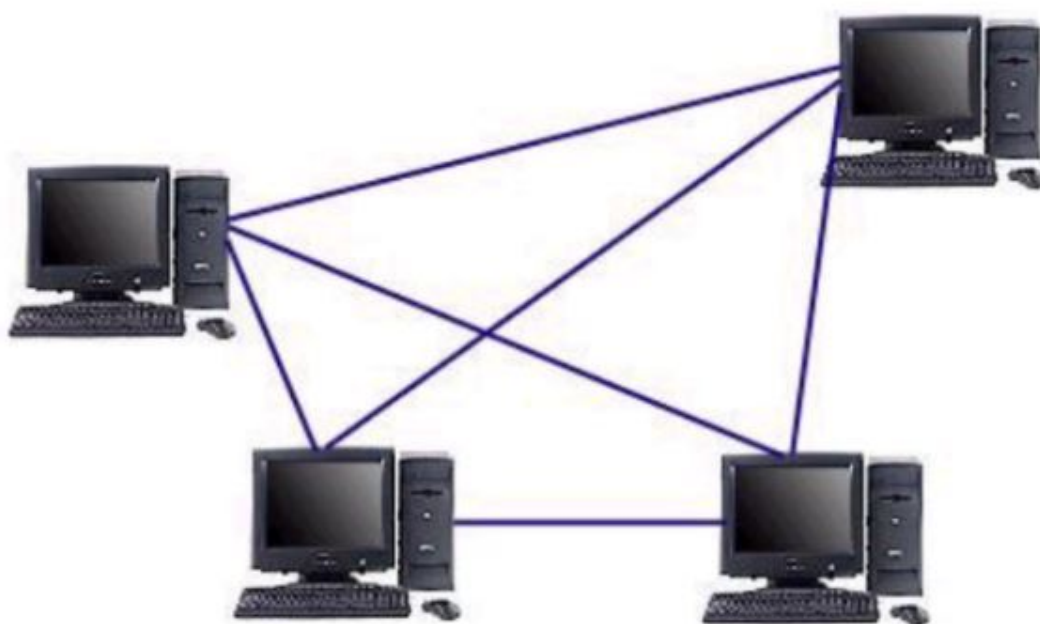
- Rede Malha (*Mesh*):

A topologia em malha refere-se a uma rede de computadores onde cada estação de trabalho está ligada a todas as demais diretamente. Dessa forma, é possível que todos os computadores da rede, possam trocar informações diretamente com todos os demais, sendo que a informação pode ser transmitida da origem ao destino por diversos caminhos (FRANCISCATTO, DE CRISTO E PERLIN, 2014, p. 33).

Este conceito permite aplicar os conceitos de redundância, tolerância a falhas e balanceamento de carga à rede. Desta forma, se um link entre dois pontos se torna inoperante, por uma razão qualquer, haverá um outro link (caminho) que permitirá o tráfego de dados entre esses pontos, mantendo a funcionalidade da rede mesmo em caso de falhas no meio de transmissão. Além disso, é possível escolher

caminhos alternativos para os dados caso haja congestionamento de tráfego, e até mesmo dividir a carga de transmissão dos dados entre dois ou mais caminhos distintos (DOS REIS, 2016, p. 6).

Figura 13 - Modelo Rede Mesh



Fonte: Dos Reis (2016)

- Rede Híbrida:

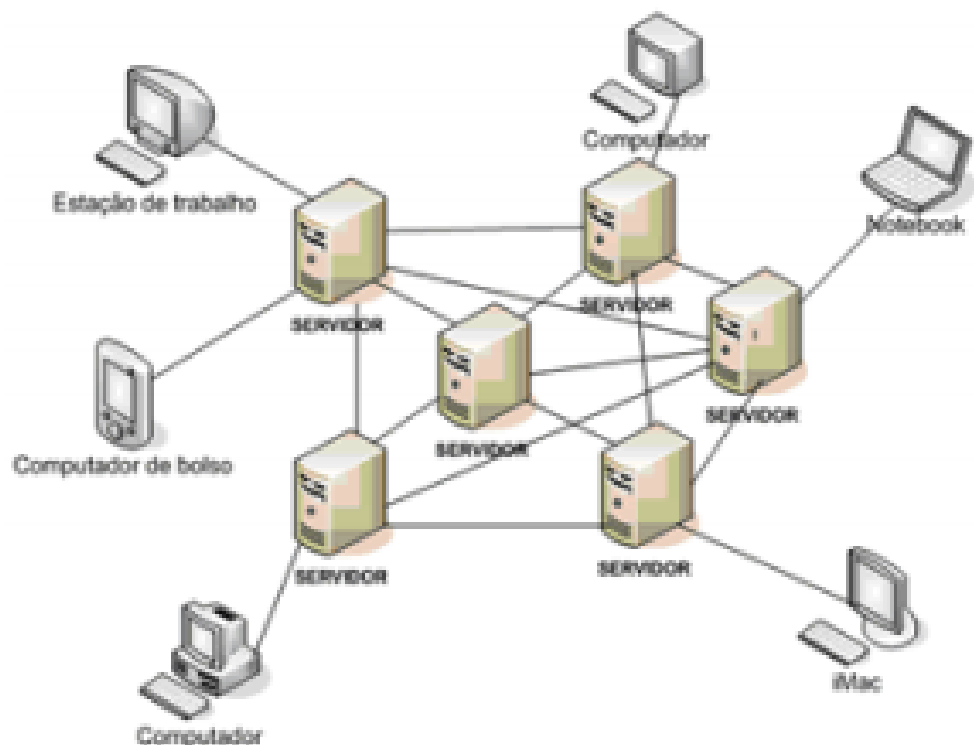
Trata-se de uma combinação de duas ou mais topologias de rede distintas, para obter redes mais complexas e com maiores recursos, sendo comumente utilizadas em redes de grande porte. (DOS REIS, 2016, p. 9)

Na maioria dos casos, o uso desta topologia se faz quando é necessário reaproveitar a infraestruturas já existente no ambiente ou quando é necessário realizar novas implementações tecnológicas na rede.

Este tipo de topologia é aplicada em redes maiores que uma LAN. É chamada de topologia híbrida pois pode ser formada por diferentes tipos de topologia, ou seja, é formada pela união, por exemplo de uma rede em barramento e uma rede em estrela, entre outras. (FRANCISCATTO, DE CRISTO E PERLIN, 2014, p. 34)

A finalidade de uma topologia do tipo híbrida está no fato de poder aproveitar o que existe de melhor (custo/benefício) entre os diferentes tipos de topologias, adaptando-as às necessidades de uma empresa, universidade, ou o ambiente onde será aplicada.(TYSON, 2009).

Figura 14 - Modelo Rede Híbrida



Fonte: S. pinheiro

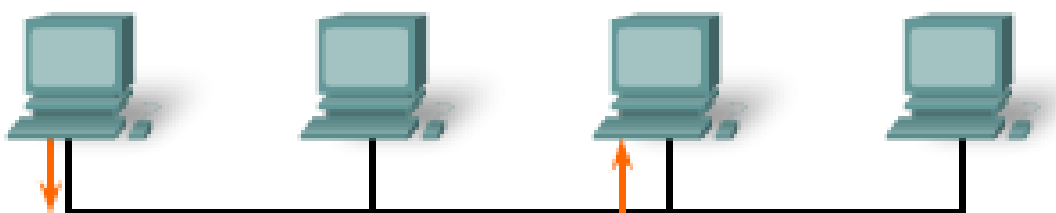
3.3.2 Principais Topologias Lógicas

A topologia lógica refere-se ao fluxo de dados através da rede, à maneira como os sinais agem sobre os meios e como são transmitidos através da rede a partir de um dispositivo para outro sem interligação física. Também apresentam a característica de serem reconfiguradas dinamicamente por tipos especiais de equipamentos como, por exemplo, *routers* e *switchs*. Os tipos de topologia de rede lógica mais comuns estão listadas abaixo (COUTINHO, 2015, com adaptações).:

Unicast:

Comunicação no qual um comando é enviado de um *host* e endereçado a um destino específico. Na transmissão unicast, há apenas um remetente e um receptor. A transmissão unicast é a forma predominante de transmissão em redes locais e na Internet (CCNA..., 2011).

Figura 15 - Rede Unicast



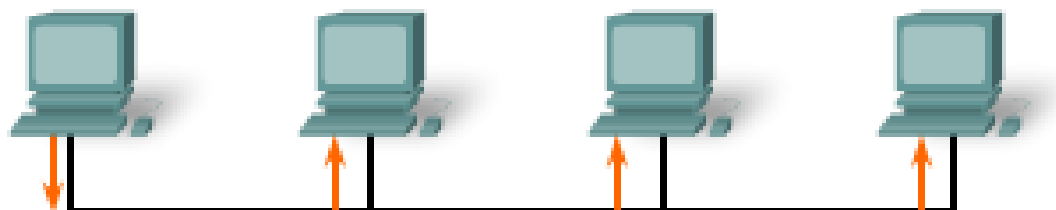
Fonte: CCNA... (2011)

Broadcast:

Neste tipo de topologia, podemos dizer que cada host envia seus dados à todos os outros hosts que estão conectados ao meio físico da rede, embora só a máquina com a placa de rede com o endereço indicado nos dados é que os receberá. (CCNA..., 2011)

Nesse caso, há apenas um remetente, mas as informações são enviadas para todos os receptores conectados. Sua forma é essencial durante o envio da mesma mensagem para todos os dispositivos na rede local.

Figura 16 - Rede Broadcast

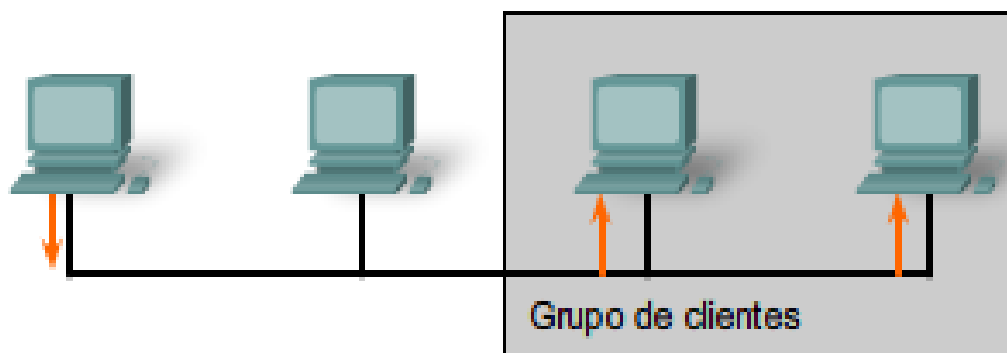


Fonte: CCNA... (2011)

Multicast:

Comunicação na qual um quadro é enviado para um grupo específico de dispositivos ou clientes. Os clientes da transmissão *multicast* devem ser membros de um grupo *multicast* lógico para receber as informações. (CCNA..., 2011)

Figura 17 - Rede Multicast



Fonte: CCNA... (2011)

3.4 PROTOCOLO DE REDES

Na comunicação entre computadores é essencial definir um conjunto de regras, pois nem sempre a comunicação entre as máquinas são feitas através da mesma linguagem. Portanto um protocolo de rede é um conjunto de regras e padrões utilizado para possibilitar a comunicação de diferentes dispositivos.

O modelo de referência OSI, representado na figura abaixo, foi criado pela ISO em 1978 para ser um sistema de conexão entre dispositivos através da padronização de protocolos e padrões. Desde 1984, este é o padrão mundial em modelo conceitual. Este modelo apresenta a esquematização de trabalho conjunto entre hardware e software para possibilitar a comunicação entre dispositivos. (FARIA, 2006, com adaptações).

Figura 18 - Camadas do Modelo OSI



Fonte: Tanenbaum (2003)

- Camada de aplicação:

Representa a comunicação com os usuários e fornece serviços básicos de comunicação. Esta aplicação serve como uma “janela” de acesso entre os aplicativos e os serviços da rede.

- Camada de apresentação:

É responsável por definir o formato da troca de dados entre os computadores. Funciona no papel de um tradutor para os protocolos, a criptografia, compressão de dados e outras tarefas. A camada de apresentação gerencia essas estruturas de dados abstratas e permite a definição e o intercâmbio de estruturas de dados de nível mais alto (por exemplo, registros bancários).

- Camada de sessão:

Uma sessão é um canal de comunicação entre duas aplicações que estão sendo executadas em computadores diferentes. A camada de sessão é responsável por gerenciar o diálogo entre os aplicativos de forma que estas possam abrir, usar e

fechar uma sessão. É nesta camada que são executadas as funções de reconhecimento de nomes e segurança.

- Camada de transporte:

A função básica da camada de transporte é aceitar dados da camada de rede, dividi-los em unidades menores caso necessário, repassar essas unidades à camada de rede e assegurar que todos os fragmentos chegarão corretamente à outra extremidade. As camadas superiores devem ficar isoladas das inevitáveis mudanças na tecnologia de hardware.

- Camada de rede:

É usada para identificar os endereços dos sistemas na rede, e para transmitir os dados de fato. A camada de rede deve conhecer o meio físico da rede e empacotar a informação de tal modo que a camada de link possa enviá-la para a camada física. Em muitas redes esta camada não verifica a integridade da informação, simplesmente executando o empacotamento da informação.

- Camada de link ou MAC:

É usada para definir como a informação será transmitida pela camada física e garantir o bom funcionamento desta camada. Havendo algum erro na transmissão da informação no meio físico, como rompimento de um cabo ou colisões de dado, a camada MAC deve tratar estes erros ou comunicar às camadas superiores deste fato.

- Camada física:

É formada pelo hardware usado na conexão dos diferentes sistemas de rede, como cabos, fibras e conectores. Nesta camada a informação está codificada na forma de sinais elétricos.

Historicamente, o modelo OSI não se tornou padrão para a internet, embora muitos protocolos e tecnologias de rede tenham sido desenvolvidos baseados nele.

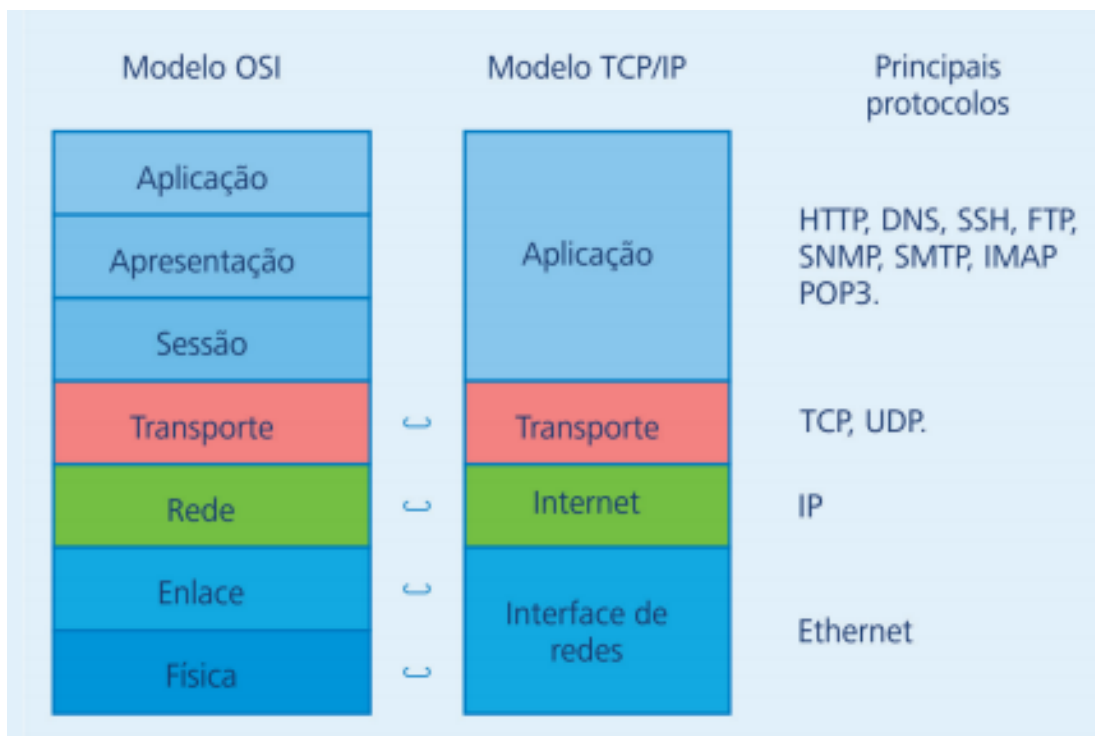
Embora o RM-OSI não tenha se tornado o padrão dominante para a ligação de redes e muitos dos protocolos baseados nele tenham sido suplantados pelo TCP/IP, o estudo do modelo justifica-se pela generalidade dos conceitos adotados na sua construção (TANENBAUM, 2003).

O modelo de referência TCP/IP é mais simplificado que o modelo de referência OSI, possuindo quatro camadas principais: aplicação, transporte, internet e interface de rede.

Na figura abaixo, é possível visualizar a diferença de camadas entre o modelo

OSI tradicional e o modelo TCP/IP, que na verdade abstrai algumas camadas existentes no modelo OSI. Ao lado das camadas é possível observar também os principais protocolos que trabalham em camadas específicas. Esta associação modelo/camadas/protocolos, ajuda no entendimento de como funciona uma rede de computadores no todo (FRANCISCATTO, DE CRISTO E PERLIN, 2014, p. 45).

Figura 19 - Comparativo entre as camadas do modelo OSI com a arquitetura TCP/IP



Fonte: Franciscatto, de Cristo e Perlin (2014, p. 49)

4 REDES INTELIGENTES

4.1 INTRODUÇÃO

Neste contexto de comunicação entre a concessionária e o cliente, pode-se definir que a rede inteligente é um sistema de fornecimento de energia que terá como resultado final uma melhor troca de informação resultando em eficiência, confiabilidade e sustentabilidade dos serviços gerados (CGEE, 2012, com adaptações).

O advento da evolução tecnológica visando à produção de eletricidade tem contribuído de forma significativa para as conquistas da humanas considerando linhas produtivas relacionados à indústrias, serviços e comércio.

No contexto atual, quando nos aproximamos do setor energético mundial, existem grandes desafios relacionados com a geração, transmissão e distribuição da energia elétrica.

Com a missão de otimizar esses processos visando a sustentabilidade do negócio, é necessário uma reformulação dos sistemas envolvidos a fim de minimizar colapsos energéticos e aumentar a confiabilidade da entrega de energia elétrica aos clientes, visto a crescente demanda por eletricidade.

Frente aos fatores que direcionam tal reformulação energética, podemos destacar itens como a descentralização da produção de energia, necessidade de ampliação de sistemas de monitoramento da rede elétrica, minimização de impactos socioambientais, redução no número de interrupções de energia, tarifação da energia em faixas de consumo, entre outros.

Diante disso, um novo conceito de sistema de distribuição e medição de energia elétrica, denominado *smart grid*, tem sido cada vez mais estudado e testado em diversos países.

4.2 REDES INTELIGENTES DE ENERGIA

O conceito relacionado à rede inteligente é ampla, envolvendo diversos segmentos do sistema elétrico. O conceito de rede inteligente está relacionado ao novo processo de transmissão, distribuição e medição de energia elétrica, no qual os mesmos serão incorporados a avançados sistemas computacionais e sistemas de comunicações bidirecionais entre consumidores e concessionárias, obtendo-se como resultado final um eficiente controle, monitoramento, confiabilidade e segurança. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 22)

Dentro deste amplo conceito de rede inteligente, encontra-se equipamentos de medição eletrônica, as telecomunicações, a automação, a tecnologia da informação e diversas ferramentas de sensoriamento e capacidade computacional, objetivando a operacionalização coordenada das novas tecnologias em questão. A figura 20 ilustra uma rede inteligente e alguns elementos relacionados à ela. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 22)

Figura 20 - Representação de uma rede inteligente



Fonte: Lopes, Castro e a Muchaluat-Saade

Com a implantação das tecnologias citadas acima, temos como resultado uma melhoria no sistema que fornece energia elétrica e, conseqüentemente, eficiência energética. Um exemplo é a geração distribuída de energia, no qual temos um gerador de energia próximo aos grandes centros de carga e estes geradores contribuem para o fornecimento de energia elétrica (MME, 2010).

Os sistemas de comunicação entre concessionárias e clientes consumidores de energia é outro fator fundamental para o sistema elétrico de potência, onde a comunicação direta com as concessionárias permitirá uma melhor compreensão do consumo de energia em questão e também permitirá que a concessionária monitore de forma mais efetiva o produto final entregue ao cliente. (MME, 2010, com adaptações)

Neste contexto de comunicação entre a concessionária e o cliente, pode-se definir que a rede inteligente é um sistema de fornecimento de energia que terá como resultado final uma melhor troca de informação resultando em eficiência, confiabilidade e sustentabilidade dos serviços gerados. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 23, com adaptações)

Diante disso, um sistema de transmissão e leitura de dados de energia foi desenvolvido e denominado de AMI (Advanced Meter Infrastructure). Sua arquitetura automatizada permite a comunicação bidirecional entre um medidor

inteligente e uma empresa de serviços públicos. (RIVERA,SICILIANO E TEIXEIRA)

Pode-se dizer que o AMI incluirá novas redes de comunicação e sistemas de bancos de dados que proporcionam grandes benefícios para as concessionárias e para os consumidores. As duas vias de comunicação entre os medidores inteligente e os dispositivos de gerenciamento de energia traz benefícios importantes visto que permitirá que as empresas atuem de forma mais rápida e efetiva nos problemas que possa vir a surgir. (RIVERA,SICILIANO E TEIXEIRA, com adaptações)

A implantação de um AMI poderá trazer diversos benefícios, tais como os listados abaixo (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018) :

- Amostrar preços ao cliente em tempo real, no qual o cliente pode receber em tempo real o valor a ser pago no consumo de energia elétrica
- Mensurar a qualidade de energia fornecida por meio de leituras mais detalhadas.
- Gerenciamento de cargas – Cliente envia comandos para controle de equipamentos em sua residência.
- Possibilita a concessionária ligar e desligar o fornecimento de energia dos clientes de forma remota.
- Cliente pode fornecer dados de interrupções de energia às concessionárias
- Integrar todos os tipos de medidores (água, gás e eletricidade) em uma única tecnologia de comunicação e em um protocolo padrão.

A partir dos pontos acima podemos dizer que, em resumo, a implantação de um AMI traz como benéficos:

- Eficiência operacional;
- Qualidade de energia;
- Eficiência energética;
- Sustentabilidade.

Desde o surgimento das redes inteligentes, vários estudos e projetos tem sido realizados em diversos países.

Uma rede inteligente é um sistema de energia elétrica que integra ações de todos os clientes conectados a ela por meio de tecnologias avançadas de comunicação, fazendo uso das informações para economizar energia, reduzir custos e aumenta a confiabilidade e transparência. A proposta dessa nova grade exige esforços significativos no desenvolvimento de tecnologias, normas, políticas e atividades regulatórias, devido à sua complexidade inerente (NUNES, FLAUZINO,

SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 25).

Um dos pontos mais importantes da rede inteligente é torna-la autônoma, ou seja, caso aconteça algum tipo de interrupção, os sensores instalados no sistema elétrico identificarão as áreas, aumentando ao rapidez das operações, podendo até mesmo reconfigurar o sistema, com o intuito de mitigar tal fenômeno (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 26).

A rede inteligente visa também a integração das fontes de energia renováveis utilizadas nas residências e na rede elétrica, o que possibilita ao consumidor além de produzir energia para si, desenvolver sua eventual sobra para a rede. Com isso, o consumidor economizará na sua fatura de energia (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 26, com adaptações).

Essa integração de fontes de energia, ou descentralização da sua produção, contribui para que se diminua a necessidade de construção de novas usinas geradoras de energia, as quais são necessárias para suprir o aumento da demanda do consumo de energia elétrica. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 26).

A geração distribuída normalmente refere-se à pequena unidade modular, distribuída e confiável, de alto desempenho e de poucas centenas de Megawatts, estando localizada nas proximidades dos clientes. A mesma se configura como qualquer tipo de fonte de energia descentralizada, sendo que sua finalidade é aumentar a eficiência da utilização de fontes convencionais de energia. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 26)

As tecnologias de redes inteligentes estão presentes desde a transmissão da energia até o consumidor final e estão divididas como: (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 26).

- Nível de Cliente: Local onde são encontrados os medidores inteligentes. Por meio deles podem ser executadas medições de consumo à distância por meio de sistemas de comunicação como *ethernet*, *zigbee* e *wi-fi*, entre outros. Além disso, por meio desses medidores é possível obter informações adicionais sobre a forma de utilização da energia fornecida.

- Nível de distribuição: Local em que são implantados sistemas de automação, no qual há uma mudança no sistema de distribuição. Na maioria dos sistemas de distribuição, toda a potência proveniente de um alimentador entra em um ponto raiz e flui de maneira a atender às cargas dos clientes localizados ao longo de seus ramos. Se houver um problema, disjuntores podem automaticamente desligar o alimentador inteiro. No entanto, se forem feitas mudanças como criar

outros alimentadores, o trecho afetado seria direcionado à outro alimentador. Outra tecnologia presente neste nível é a implementação de gerações distribuídas, em que são geralmente utilizadas fontes alternativas de energia. Esses pequenos geradores são conectados à rede elétrica, podendo fornecer energia por um determinado tempo, caso haja uma falha no seu fornecimento.

- Nível de transmissão: Local em que são encontradas melhorias com relação às medições e adições de dispositivos eletrônicos, de modo a obter dados mais precisos para auxiliar na estabilidade do sistema.

O termo rede inteligente representa uma visão para a atualização digital da distribuição e de redes de transmissão de longa distância, usando comunicações bidirecionais, sensores avançados e computadores, a fim de melhorar a eficiência, confiabilidade e segurança do fornecimento e utilização da energia. Assim, o conceito básico de rede inteligente é adicionar monitoramento, análise, controle e capacidade de comunicação ao sistema de fornecimento elétrico, a fim de maximizar o fornecimento do sistema. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 27)

Em contrapartida, embora uma rede inteligente seja uma tecnologia em grande ascensão, ela ainda apresenta um custo um tanto elevado para instalação, devido à toda adaptação requerida no setor elétrico. Porém, em longo prazo este tipo de investimento resultará em economias e benefícios tanto para as concessionárias quanto para os clientes finais. Isto se deve ao fato desta tecnologia proporcionar o uso de energia elétrica de forma mais racional, ou seja, é fornecida a energia elétrica de acordo com a demanda de cada cliente. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 28)

4.3 INFRAESTRUTURA DE MEDIÇÃO INTELIGENTE EM SISTEMAS DE TI

A infraestrutura de medição inteligente, dentro do contexto das redes elétricas inteligentes, pauta-se na integração entre dispositivos eletrônicos inteligentes, denominados IEDs (Intelligent electronic devices), e tecnologias de informação e comunicação voltadas para o processamento, armazenamento e comunicação de dados para consumidores e concessionárias, a fim de monitorar e controlar as diferentes variáveis do SEP (Sistema Elétrico de Potência) (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 70).

A partir da infraestrutura, a qual permite acesso em tempo real e de forma bidirecional, a tomada de decisão deixa de ser passiva por parte dos consumidores,

perante suas necessidades de demanda, passando a ser ativa e incluindo a possibilidade de fornecimento de energia com o emprego da micro geração distribuída (KAGAN, 2009).

Para completar o desenvolvimento e implementação desta infraestrutura de, destacam-se os seguintes elementos (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 70-71, com adaptações) :

- Medidores Inteligentes:

Medidor eletrônico ou digital com capacidades para aplicações que vão além da capacidade de medição de consumo de energia, registrando dados em intervalos de tempo configuráveis e com comunicação bidirecional com o Centro de Controle de Medição (CCM), para fins de monitoramento e faturamento. Para atender ao cliente em ambiente residencial, deve-se permitir integração com dispositivos domésticos inteligentes (smart appliances).

- Meter Data Collector (MDC):

É responsável pela coleta e organização dos dados de medição e faturamento provenientes dos medidores inteligentes da planta da distribuidora transportados pela rede de comunicação podendo ser independente da tecnologia utilizada ou especificamente para operar com uma tecnologia de um fabricante específico. Outra funcionalidade atribuída ao MDC é gestão da infraestrutura de comunicação *smart grid*.

Apresenta como função básica o gerenciamento de dispositivos, permitindo a gestão de parâmetros dos medidores; gestão de grupo, possibilitando o controle de grupo de dispositivos, como configuração e *upgrade* de *firmware*; e gestão da plataforma de comunicação, assegurando comunicação confiável entre os medidores e centro de comando da distribuidora. O MDC não realiza a função de armazenamento de dados coletados pelos medidores (ou faz apenas temporariamente), transmitindo-os ao gerenciador de dados do medidor. De forma resumida, pode ser entendido como toda ação de gerenciamento sobre o medidor como ativo de rede.

- Meter Data Management (MDM):

Sistema de processamento e gerenciamento de dados gerados pelos medidores e de informações adicionais, além do consumo de energia, como fator de

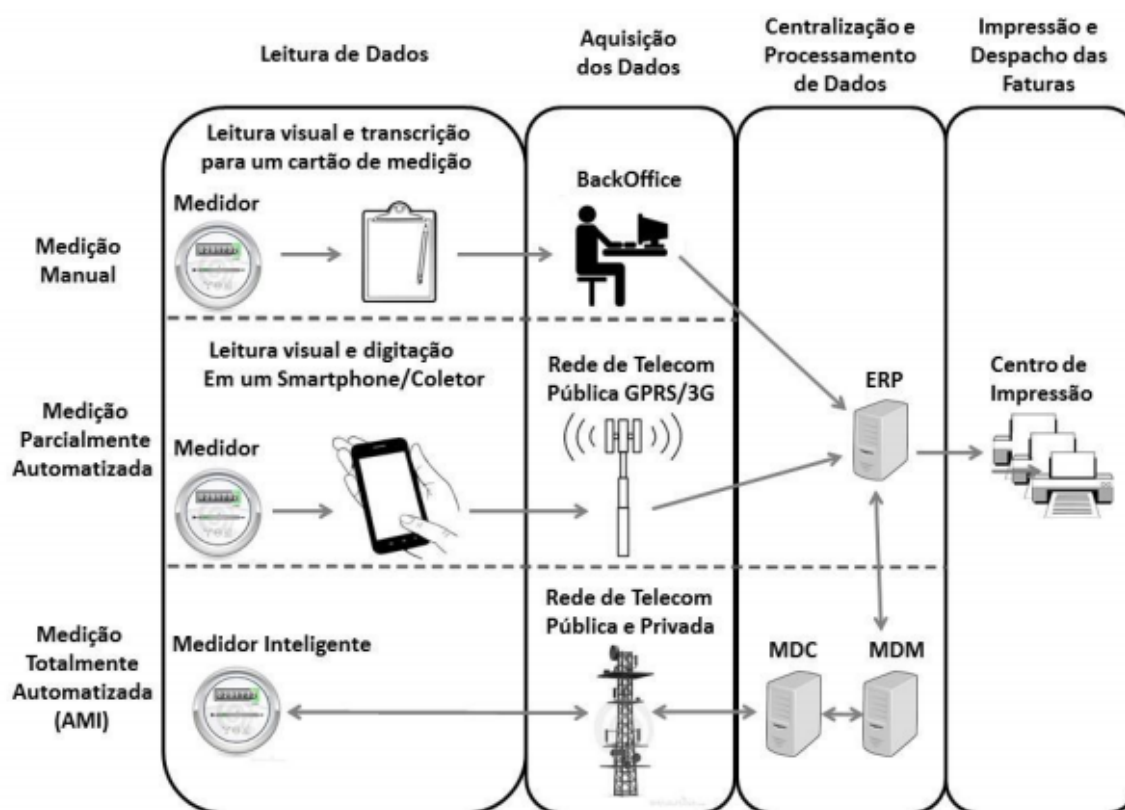
potência e indicadores e qualidade. Tem a finalidade de aperfeiçoar procedimentos, como faturamento, eficiência operacional, serviços ao consumidor, previsão e gestão da demanda e de fraudes, e gerenciamento do sistema de distribuição, entre outros, para assim gerir os dados e extrair mais informações deles. Tem como funções básicas atuar como repositório de dados de registros, eventos e alarmes; e processar e analisar dados dos medidores, aplicando a validação e retificação em dados inconsistentes e transformando perfis de cargas elementares em informação útil à concessionária, Possui ainda a de integração da plataforma de medição de consumo dos consumidores da área de concessão de uma distribuidora ao seu sistema Enterprise Resource Planning (ERP).

- Advanced metering infrastructure (AMI):

Apontada como parte fundamental das redes elétricas inteligentes, englobando desde os equipamentos de medição até as tecnologias de informação, comunicação e gerenciamento de dados, as quais possibilitam o tráfego bidirecional de informações necessárias para permitir funcionalidades de medição inteligente, conglomerando os conceitos de *smart meter*, MDC e MDM. É considerada a evolução das *automated meter reading* (AMR) ou leitura automática do medidor; conceito antigo de medição com comunicação unidirecional, com um CCM para o processo de geração de fatura, visando uma maior exatidão nas medições e economia de custos com agentes responsáveis por realizar a leitura dos dados dos medidores.

Na figura abaixo temos ilustrados as possíveis formas de implementação de processos de medição de consumo de energia elétrica feitos por uma distribuidora, desde o processo manual convencional, passando por processos semiautomáticos, que evoluem para um processo totalmente automático o que é o AMI.

Figura 21 - Arquitetura dos sistemas de medição de consumo de energia elétrica



Fonte: Filho (2017)

Posto isto, entre os aspectos levantados ressaltam-se a infraestrutura de medição avançada e o medidor inteligente, os quais são mais bem descritos a seguir. Esses aspectos são destaque, pois a incorporação de novas tendências advêm da evolução natural desses conceitos.

4.4 INFRAESTRUTURA DE MEDIÇÃO AVANÇADA

A AMI configura-se como o elo principal entre a rede elétrica, as concessionárias, os consumidores com suas demandas e possíveis fontes de micro geração, os sistemas de armazenamento de energia e as tecnologias de informação e comunicação. Atua na coleta, fornecimento, gerenciamento e análise de dados, proporcionando um panorama de operação do sistema de distribuição, o que otimiza o monitoramento e controle da rede, a fim de garantir sua integridade e prover meios para a gestão ativa de tarifas, quantidade e qualidade de energia consumida. (EPRI..., 2009, com adaptações)

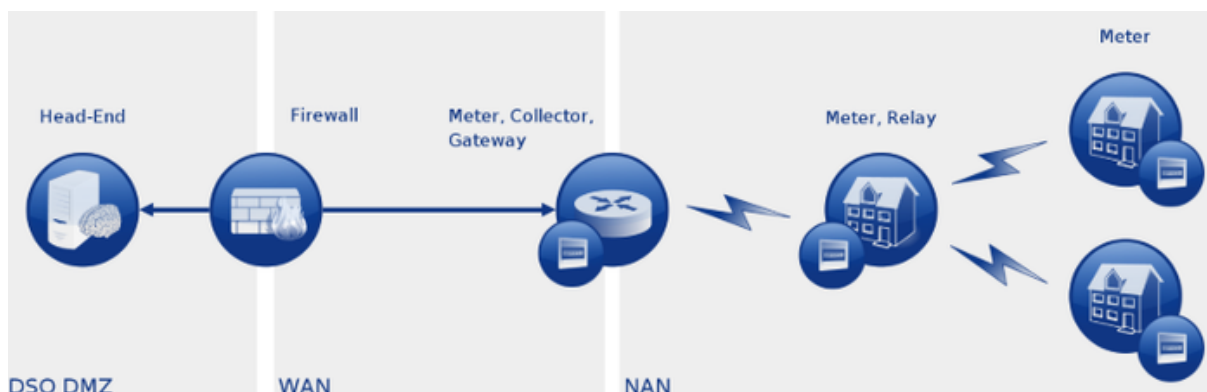
A AMI agrega diversas funcionalidade às *smart grids*, que dependem da

aplicação específica a que se propõem e das tecnologias incorporadas a seus componentes. Neste contexto, a seguir são destacadas as principais funcionalidades comuns à sua infraestrutura. (EPRI..., 2009)

- Coleta de dados remota via rede de comunicação em intervalos definidos pela concessionária ou consumidor;
- Gravação e arquivamento de históricos de dados operativos da rede, bem como consumo, tarifas e indicadores de qualidade de energia;
- Disponibilização em tempo real do consumo, faturamento, demanda, tarifas, variação de preço de compra e venda da energia para os consumidores;
- Redução de custos operacionais no processo de coleta de dados de medição, tarifas e cobrança, frente ao cenário de disponibilização on-line de informações aos consumidores e concessionárias;
- Diagnóstico e gerenciamento do sistema por parte da concessionária frente à análise em tempo real do balanço energético, controle de perdas técnicas e comerciais, levantamento da curva de carga, registro de indicadores de qualidade e continuidade da energia, desequilíbrios de tensão e corrente, entre outros;
- Identificação, detecção e localização de furtos de energia por ligações ilícitas, com possibilidade de desligamento remoto das unidades irregulares;
- Disponibilização de avisos de manutenção preventiva e corretiva na rede, com seus respectivos tempos de restabelecimento de energia;
- Gestão de infraestrutura de telecomunicações e da infraestrutura física do sistema;
- Monitoramento das condições de operação dos equipamentos do sistema elétrico, com a possibilidade de comandos remotos para a manutenção do controle e automação da rede elétrica;
- Gerenciamento remoto da rede de regiões urbanas de difícil acesso e de áreas rurais;
- Disponibilização e acompanhamento de desempenho de protocolos de segurança para a rede informatizada, visando à segurança da informação;
- Concessão de novas tarifas a partir da análise do perfil dos consumidores, pautadas no tipo de geração, pico de demanda e forma de pagamento;
- Oferta de novos serviços ligados à distribuição, micro geração, consumo e pagamento de energia.

A AMI é geralmente constituída por um sistema de gerenciamento de dados de medição, grupos de rede de comunicações e equipamentos periféricos que auxiliam na comunicação dos dados que oriundos dos equipamentos de medição. A figura 22, representada abaixo, ilustra de forma simplificada os elementos que compõe o conceito de infraestrutura de medição avançada.

Figura 22 - Representação de uma infraestrutura de medição avançada



Fonte: Brunswiler (2013)

4.4.1 Head- End System (HES)

Representado acima é também conhecido como sistema de controle de dados de medição e está localizado dentro da central da concessionária responsável pelo armazenamento, configuração, gerenciamento e segurança destes dados, resultando no conceito de Distribution System Operation (DSO). (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

O HES faz o papel de se comunicar com os medidores inteligentes, portanto está localizado em uma demilitarized zone (DMZ), também conhecida como rede de perímetro no qual expõe serviços de fronteira externa de uma organização a uma rede maior e não confiável, normalmente a Internet. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

Os dados coletados pelo HES serão gerenciados pelo sistema *metering data management* (MDM) que também mapeia dados relevantes para o consumidor. Dependendo do nível de automação presente na AMI, os dados de medição terão influência nas ações do DSO para equilibrar a rede elétrica. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

A exposição do HES aos consumidores permite algumas ameaças significativas ao DSO. Por exemplo, ataques ao HES pode comprometer todos os dados do consumidor. Além disso, é possível controlar medidores, manipular dados de uso, gerar alertas para perturbar as operações do DSO. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

4.4.2 Concentradores, coletores e *gateways*

O coletor, também conhecido como concentrador ou *gateway*, serve como um nó de comunicação para o HES. Dependendo da infraestrutura, o coletor pode ser um medidor. Sua principal função é a interface entre o HES e medidores ou outros coletores dentro da rede *neighbourhood area network* (NAN). (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4).

Assim como o HES, os *gateways* de comunicação também expõem ameaças ao DSO, pois eles estão fisicamente exposto à uma rede que não é privada. Além disso, os *gateways* de comunicação possuem uma ligação de segurança com o HES e o lado da rede NAN, resultando no privilégio de se comunicar com qualquer um dos lados, fato este que pode expor o HES à possíveis ataques. Considerando a rede NAN, ataques podem ser realizados a partir de equipamentos que simulam a ação dos coletores, ocasionando uma configuração de um cenário intermediário para enviar comandos arbitrários nos medidores em questão. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

4.4.3 Medidores e *Relays*

O medidor está instalado nas instalações dos consumidores. Quando integrado com um coletor, ele se comunica diretamente com o HES. Na função de medição de dados de energia ele se comunica com o coletor, porém pode servir como um relay para rotear pacotes entre os medidores mais próximos e o coletor. Alguns medidores fornecem uma interface para aparelhos presentes nas instalações residenciais, a partir da rede conhecida como *home area network* (HAN). (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

Do ponto de vista de possíveis ataques, o medidor é o ponto de entrada, mas o medidor também é uma parte relevante da rede inteligente e sob nenhuma circunstância sua manipulação deve influenciar criticamente ou afetar a disponibilidade da rede ou partes dela. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 2-4, com adaptações).

4.4.4 Infraestrutura de Telecomunicações

A infraestrutura de telecomunicações para suporte às aplicações de redes inteligentes atualmente são principalmente baseadas em sistemas de Rádio Frequência (RF), e é dividida em dispositivos de rede para Pontos de Acesso, ou Access Points (AP's) para a concentração dos terminais, Repetidores para a

ampliação da área de cobertura dos AP's, e as Interfaces de Rede, ou Network Interface Cards (NICs) embarcadas nos medidores inteligentes (FILHO, 2017, p. 31).

Os APs são equipamentos instalados em torres de telecomunicações, topo de edifícios ou postes, e são responsáveis pela comunicação e concentração dos NICs presentes na sua área de cobertura. Além da interface entre os dispositivos terminais e a rede de comunicação os NICs são responsáveis pela interface entre as aplicações instaladas nestes dispositivos e os sistemas computacionais centralizados nas distribuidoras. (FILHO, 2017, p. 31).

A infraestrutura de rede externa de RF é normalmente dividida em rede pública e privada. Redes públicas são aquelas construídas por terceiros, geralmente Operadoras de Telecomunicações, que oferecem os serviços compartilhando a infraestrutura com vários outros usuários. Estes serviços são tais como: redes móveis (GPRS, 3G, 4G, etc.), além da Internet (H. G. SCHRODER FILHO, J. PISSOLATO FILHO AND A. J. G. PINTO, 2015, p. 573-578, com adaptações).

As redes privadas são aquelas nas quais uma rede, ou em uma partição de rede, é dedicada ao uso exclusivo de um único usuário. Podem ser construídas baseadas na aquisição, operação e manutenção de ativos próprios da empresa interessada, ou também contratada de empresas terceiras. Estes são exemplos de serviços contratados a terceiros: Redes de comunicação de dados *Multiprotocol Label Switching* (MPLS), circuitos dedicados, serviços via satélite, *fibre optic cables* (FOC), *digital subscriber line* (DSL), *power line carrier* (PLC). (H. G. SCHRODER FILHO, J. PISSOLATO FILHO AND A. J. G. PINTO, 2015, com adaptações).

Do ponto de vista de infraestrutura de telecomunicações especificamente dedicada ao suporte às redes inteligentes de energia elétrica esta mesma segmentação em camadas é utilizada, embora seja mais usual tratar as camadas de rede segundo uma visão que considera a abrangência geográfica das redes (FILHO, 2017, p. 32).

Segundo esta visão, as camadas de rede são divididas em:

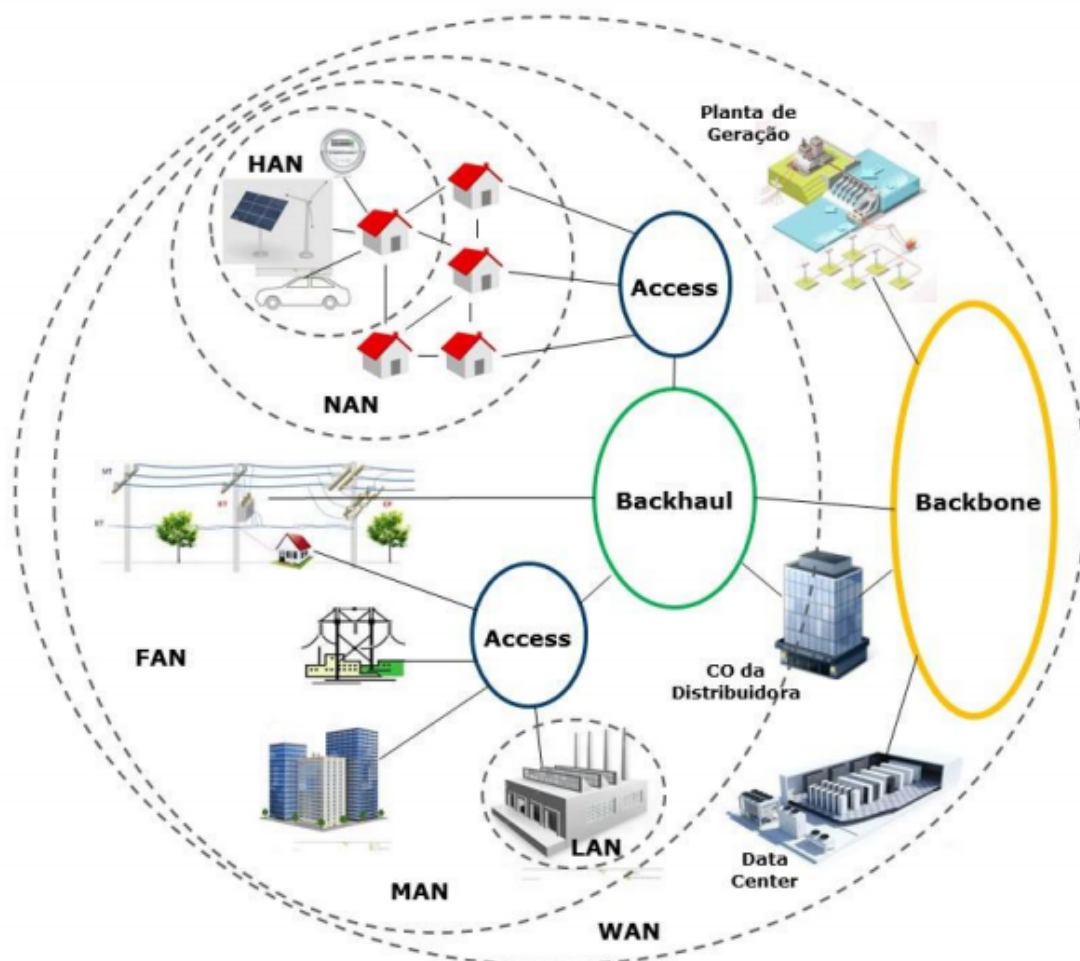
- Wide Area Network (WAN): Abrangência estadual, nacional, ou internacional.
- Metropolitan Area Network (MAN): Abrangência de regiões metropolitanas.
- Field Area Network (FAN): Abrange a área de atuação de uma *Utility* em um centro urbano, suburbano, e rural. Agrega características de WAN, MAN e LAN.
- Neighbor Area Network (NAN): Abrangência de um ou mais bairros.

- Local Area Networks (LAN): Abrangência restrita a cerca de 1 Km para a interconexão de equipamentos no âmbito de uma instalação residencial ou industrial.

- Home Area Network (HAN): Abrangência de uma ou mais residências ou condomínio.

Na prática é comum uma visão sistêmica de uma infraestrutura de telecomunicações, principalmente para suporte a redes inteligentes de energia elétrica, mesclar estas duas visões de estrutura em camadas. A Figura 23 ilustra as duas abordagens fazendo a correspondência entre a visão funcional e geográfica.

Figura 23 - Infraestrutura de Comunicações em Redes Inteligentes



Fonte: Filho (2017, p. 33)

Uma das tecnologias mais recentes dentro desse grupo de redes para aplicações pessoais e que permite o gerenciamento e controle desses dispositivos é o padrão ZigBee baseados em IEEE 802.15.4 (FEDERAL..., 2012, com adaptações).

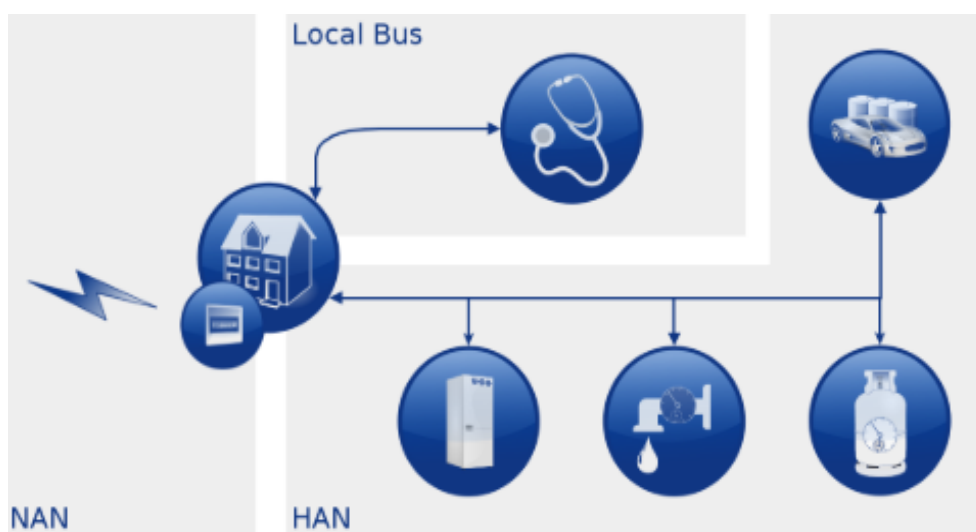
A Rede HAN, dependendo do tipo de consumidor, também pode ser denominada como building area network (BAN) ou industrial area network (IAN). Seja qual for o nome, a finalidade da rede HAN é integrar equipamentos locais que registram a quantidade energia consumida. A HAN poderia permitir a automação predial e também permitir a integração de recursos provenientes da geração distribuída com a rede inteligente. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 4, com adaptações).

Para otimizar o consumo durante o horário de pico, uma empresa de serviços pode, por exemplo, decidir não desligar totalmente, mas sim acelerar grandes aparelhos como os *Heating, Ventilation and Air-Conditioning Systems* (HVACs) para equilibrar a rede. Para esse fim, os consumidores serão obrigados a conceder acesso à concessionária ou a fornecedores terceirizados para seus aparelhos. (BRUNSCHWILER, 2013, p. 4, com adaptações).

No entanto, o controle inteligente não requer necessariamente a intervenção de uma parte externa. Assim, um HVAC inteligente pode decidir reduzir automaticamente com base nas informações de preços em tempo real fornecidas pela concessionária. Nos Estados Unidos da América (EUA), equipamentos de medição de energia, concentram-se principalmente em ZigBee para comunicação da rede HAN (V. ARAVINTHAN, V. NAMBOODIRI, S. SUNKU AND W. JEWELL. WIRELESS, 2011, com adaptações).

Finalizando os aspecto envolvendo comunicação, temos também a rede Local Bus para fins de diagnóstico e são fornecidas como linhas seriais de dois ou três fios, *loop* de corrente ou como uma interface ótica. A figura 24 representada a seguir, tem como objetivo, ilustrar de forma simplificada a integração das redes citadas acima.

Figura 24 - Representação de redes e integrações de equipamentos domésticos



Fonte: Brunschwiler (2013, p. 4)

4.5 REDES INTELIGENTES NO BRASIL

No caso dos países emergentes e em desenvolvimento a principal motivação, assim como nos Estados Unidos, também foi econômica, mas segundo direcionadores diferentes. O foco dos programas nestes países, incluindo o Brasil, é a busca de mitigação das chamadas “Perdas Não Técnicas” ou “Perdas Comerciais”, que são expressas na prática por furtos de energia e fraudes em sistemas de medição, que são baseados em grande parte na utilização de medidores eletromecânicos nos pontos de consumo. Certamente que os ganhos operacionais e financeiros decorrentes da implementação de *smart grids*, assim como incentivos de remuneração em investimentos feitos em ativos que visam à melhoria da qualidade para o consumidor final promovido pelos órgãos reguladores também são motivadores para os programas nestes mercados. (FILHO, 2017, p. 37)

As primeiras iniciativas e projetos brasileiros de redes inteligentes de energia elétrica, principalmente para a modernização das redes de distribuição, tiveram início oficial e efetivo no ano de 2010, através da Chamada nº 011/2010 da ANEEL, de julho de 2010. (ANEEL, Julho de 2010, com adaptações)

Nos últimos anos a ANEEL tem expedido diferentes regulamentos relacionados às redes inteligente, a exemplo da utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais (Power Line Communication – PLC) (ANEEL, 25 DE AGOSTO DE 2009, com adaptações).

O ministério de Minas e Energia, por meio da Portaria MME nº420/2010, criou um grupo de trabalho com o objetivo de analisar e identificar as ações necessárias para subsidiar o estabelecimento de medidas políticas para a implementação de um Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente. (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 28-29)

As principais distribuidoras brasileiras iniciaram seus estudos sem uma visão integrada de redes inteligentes que na prática iriam atuar em uma rede elétrica que de fato opera integrada e com as dimensões e abrangência continental.

As iniciativas independentes de cada uma destas distribuidoras começaram lançando mão do Projeto Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) fruto do Programa Brasileiro de Redes Inteligentes executado em atendimento à Chamada nº 011/2010 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), de julho de 2010, que teve como proponente a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e foi apoiado por 36 concessionárias de distribuição e de geração de energia elétrica. A CEMIG com o projeto Cidades do Futuro é um dos mais abrangentes programas brasileiro de implantação de arquitetura Smart Grid. (FILHO, 2017, p. 39, com

adaptações)

Quer pela diversidade e abrangência da área geográfica e classes de consumidores, quer pelas infraestruturas implantadas e suas integrações sistêmicas, o escopo desse programa é extremamente desafiador e não se limita às avaliações tecnológicas ou funcionais. Como o objetivo é estabelecer um modelo funcional de referência para subsidiar futuras decisões de implantação em larga escala, os aspectos regulatórios, socioeconômico, financeiros e de percepção dos clientes são igualmente avaliados.

Dentre as pesquisas em andamento em solo brasileiro, destacam-se as concessionárias responsáveis e suas respectivas localidades de desenvolvimento:

- COPEL: Projeto Cidade do Futuro, em Fazenda Rio Grande e em Curitiba (PR);
- Light: Projeto Smart Grid Light, no Rio de Janeiro (RJ);
- Cemig: Projeto Cidades do Futuro, em Sete Lagoas (MG);
- EDP: Projeto InovCity, em Aparecida do Norte (SP);
- AES Eletropaulo: Projeto Smart Grid, em Barueri (SP);
- Elektro: Projeto Smart City, em São Luiz do Paraitinga (SP).

Basicamente todos os programas foram iniciados e conduzidos a partir de parcerias das distribuidoras com empresas multinacionais de consultoria e fabricantes de sistemas de telecomunicações para redes inteligentes e equipamentos de medição e gerência da rede elétrica. Estas empresas na sua grande maioria eram de origem Norte Americanas e um número menor, mas também expressivo de empresas europeias. O resultado foi que os projetos de P&D foram conduzidos seguindo os modelos de redes inteligentes em curso nos países de origem destas empresas sem estudar e considerar as particularidades nacionais. (FILHO, 2017, p. 39)

No entanto, os contextos regulatórios, tecnológicos e socioeconômicos nos quais estes modelos foram desenvolvidos são muito diferentes daquelas encontrados em emergentes e países em desenvolvimento como o Brasil. Esta inadequação dos modelos importados à realidade brasileira contribuiu significativamente para que poucos avanços e resultados práticos e conclusivos tenham sido observados dos programas de P&D. As implementações reais e em produção de redes inteligentes no Brasil e do número de consumidores efetivamente atendidos é insignificante se comparado ao número total de consumidores das 62 distribuidoras (FILHO, 2017, p. 40, com adaptações).

4.6 REDES INTELIGENTES NO CONTEXTO INTERNACIONAL

Nos Estados Unidos as primeiras iniciativas práticas de *smart grids* tiveram início no ano de 2009 através de um programa de incentivos a investimentos em iniciativas internas que teve como principal objetivo alavancar setores da economia Norte Americana. Segundo esta lógica a principal motivação do programa de *smart grids* nos Estados Unidos, e que influenciou toda a região da América do Norte, foi essencialmente baseado em um programa de estímulo financeiro nacional dos Estados Unidos. (FILHO, 2017, p. 34)

A política de inovação relacionada às redes inteligentes nos EUA conta com o apoio do governo e de empresas públicas. A distribuição dos investimentos é feita nas seguintes proporções: 39% para o domínio de fornecimento de energia, que envolve desenvolvimento técnico e científico, empresas públicas, informatização e educação; 53% para o domínio ambiental, que engloba fatores financeiros, políticos, tributários e lei de regulamentação; e 8% para o domínio da demanda, destinado à serviços públicos, agentes estrangeiros e comerciais (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 33).

Outra motivação foi o investimento em segurança da informação nos sistemas de suporte ao fornecimento de energia elétrica de forma a torna-los menos vulneráveis a possíveis ataques via ciberterrorismo. Ainda que em uma escala menor de importância, também orientaram as ações as preocupações com o aumento da eficiência do setor com vistas ao aumento da produtividade evitando o aumento na mesma proporção das instalações de geração, o que em última análise representaria impacto negativo para o meio ambiente (BANDEIRA, Abril de 2012, com adaptações).

No contexto dos Estados Unidos o órgão responsável por orientar as iniciativas de *smart grid* é o *National Institute of Standards and Technology* (NIST) fundado em 1901, e que é atualmente parte do departamento de comércio dos EUA. É um dos mais antigos laboratórios de ciências físicas dos Estados Unidos. O Congresso Norte Americano criou este instituto para ser um facilitador da competitividade industrial dos Estados Unidos na época. Atualmente as iniciativas do NIST se propõem a apoiar projetos de nanotecnologia, redes globais de comunicações, além de projetos complexos na área de construção civil e aviação de grande porte. A entidade publicou um documento chamado “*NIST Framework and Roadmap for Smart grid Interoperability Standards*” (D. GALLAGHER, 2010, com adaptações).

Diferentemente do que aconteceu nos Estados Unidos, no qual as questões associadas ao meio ambiente não foi o principal motivador de programas de *smart*

grids, a Comunidade Europeia representa o grupo de nações mais comprometidas e determinadas a adotar medidas com efeito prático na busca de soluções de desenvolvimento com o mínimo de impacto ambiental, portanto Desde o início dos programas observa-se a busca por fontes alternativas, renováveis, e não poluentes de geração baseadas em um modelo distribuído em larga escala, em substituição ao modelo de geração tradicional centralizado e baseado em fontes termoelétricas e termonucleares. (BANDEIRA, Abril de 2012)

O principal órgão europeu para estudos sobre smart grids é a "*European Union Agency for Network and Information Security*" (ENISA). Com o foco mais direcionado para os aspectos de segurança de redes, é um centro de especialização para segurança cibernética na Europa. Situa-se na Grécia, com sede em Heraklion Crete e um escritório operacional em Atenas. (FILHO, 2017, p. 36)

Já a China introduziu a sua tecnologia de rede inteligentes em 2006, com o projeto Solution Architecture for Energy (SAFT), no qual são utilizados sensores para auxiliar a conexão de equipamentos e melhorar o nível digital, a coleta de dados e a integração entre os sistemas. Entre 2011 a 2015, o governo chinês deliberou amplos investimentos nos setores de geração, transmissão e transformação, distribuição, comunicação, utilização e expedição (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 32).

Vários fatores caracterizam a urgência do governo chinês em implantar redes inteligentes. O principal é encontrar a demanda de eletricidade para o futuro, já que seu crescimento será de 233% entre 2007 e 2050. Outro fator é alcança o equilíbrio entre as fontes de energia e os clientes, por intermédio de um desenvolvimento cooperado e sustentável de energia elétrica, uma vez que a China é o maior emissor de gás carbono no meio ambiente (NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , 2018, p. 32).

Da mesma forma como ocorre no modelo de implementação de smart grids Norte Americano as distribuidoras europeias adotam programas que implementam a medição inteligente de consumo de energia elétrica para clientes dos segmentos residencial, comercial e industrial em uma única fase de projeto também com a abrangência de centenas de milhares ou milhões de consumidores. A diferença está na seleção do tipo de tecnologia utilizada. No caso das distribuidoras europeias a tecnologias de rede PRIME PLC é amplamente adotada devido às condições favoráveis das características técnicas das redes elétricas de distribuição expressas pela boa qualidade do cabeamento e das emendas (FILHO, 2017, p. 37).

Recentemente a tecnologia RF *Mesh* vem ganhando espaço devido a facilidade e rapidez na implementação, ganho de escala, e maior facilidade no atendimento às demandas de automação das redes de distribuição e controle de demanda.

Outra vantagem observada na tecnologia RF Mesh em relação ao PRIME PLC e que vem despertando o interesse dos países europeus é a utilização de radio frequência para transmissão das informações de medição, supervisão e controle, em vez de utilizar a própria infraestrutura física de cabos da rede elétrica de distribuição, criando uma infraestrutura de comunicação para smart grids sobreposta e independente da infraestrutura que se deseja monitorar e controlar. (FILHO, 2017, p. 37).

5 MAPEAMENTO DE UMA REDE DE MEDIÇÃO AVANÇADA

O setor de distribuição de energia passa por um momento de grande transformação na sua forma de operação e no seu próprio modelo de negócio. O atual papel de operador da rede de distribuição (DNO – Distribution Network Operator) deve evoluir para o de operador de um sistema cada vez mais complexo e capaz de suportar outros negócios.

O DSO (*Distribution System Operation*) deverá lidar com uma rede com a presença cada vez maior de recursos energéticos distribuídos, onde os fluxos de potência deixam de ser unidirecionais e onde a automação de sua operação se torna indispensável. Neste contexto, o cliente passa a ser mais ativo na gestão de seu consumo e seu comportamento afeta de forma mais intensa a operação da rede elétrica.

A Infraestrutura de um DNO e seus processos deve ter seu nível de digitalização ampliado para que a distribuidora possa operar o sistema de forma eficiente, entregando níveis crescentes de qualidade e atendendo às necessidades de seus clientes de forma inteligente e personalizada.

Um serviço de distribuição de energia mais próximo ao de um DSO. Este investimento pode ser apresentado na forma de quatro pilares: medição inteligente, rede inteligente, robustez de rede e recursos distribuídos. Todas estas aplicações necessitam de uma infraestrutura de telecomunicações e de tecnologia da informação para suportar o tráfego e processamento de um volume muito maior de informações.

A figura abaixo, ilustra de forma simplificada como podemos subdividir uma infraestrutura para o DSO.



Figura 25 - Representação de divisão de um DSO

Medição Inteligente :

A aplicação de medição inteligente permite coletar informações mais detalhadas sobre o consumo de energia e os níveis de qualidade entregues a cada unidade consumidora, o que permite identificar e localizar de forma mais rápida condições que necessitam de intervenção na rede elétrica e subsidiar os clientes com informações relevantes para a gestão do uso da energia. Os principais componentes são:

- Medidores Inteligentes
- Concentradores de Dados
- Sistema de Coleta de Dados
- Expansão do Sistema de Gestão da Medição

Rede Inteligente :

A aplicação de rede inteligente permite monitorar o estado da rede elétrica e atuar de forma automática e otimizada através de equipamentos de automação, permitindo distribuir energia com maior qualidade e com o menor número de interrupções possível. Os componentes desta aplicação são:

- Equipamento para religação
- Controle de Bancas de Capacitor
- Controle de Reguladores de Tensão
- Compensadores Ativo-reativo
- Sensores de Rede
- Sistema de Gestão da Distribuição

Robustez de Rede :

As ações de robustez de rede visam reestruturar a estrutura da rede elétrica da região de forma a permitir maior possibilidade de contingenciamento de opções de manobras a serem realizadas pelos equipamentos de automação. As ações previstas são:

- Construção de novos alimentadores e interligações
- Redimensionamento de alimentadores já existentes
- Ampliação de subestação

Recursos Distribuídos:

A aplicação de recursos distribuídos tem como objetivo antecipar a introdução de tecnologias de geração distribuída em maior escala e explorar o conceito de armazenamento de energia. Para se avaliar o impacto destas tecnologias na operação da rede elétrica e em possibilidades de oferecimento de novos negócios pretende-se investir nos seguintes componentes:

- Painéis Fotovoltaicos
- Bateria para Armazenamento de Energia
- Carros Elétricos

Telecomunicações:

Para permitir o tráfego de dados dos equipamentos de medição e automação com o centro de operação é necessária uma rede de telecomunicações robusta, capaz de entregar níveis de disponibilidade adequados para cada serviço suportado.

Esta rede é composta pelos componentes abaixo:

- Rede de Rádio
- Rede Celular
- Sistema de Gerenciamento de Rede

Tecnologia da Informação:

Todo o volume de informação coletado do campo através da rede de telecomunicações deve ser processado e armazenado por uma infraestrutura de TI segura e dedicada aos sistemas que compõem cada um dos pilares do projeto. Esta infraestrutura suportará os sistemas operativos e contribuirá para que a operação da rede elétrica e o atendimento às demandas dos clientes sejam feitos de forma mais inteligente. Os componentes desta infraestrutura são:

- Servidores
- Hardwares
- Armazenamento de Dados
- Integrações de Sistemas

Diante de todo cenário estrutural elucidado acima, neste capítulo iremos centralizar o estudos referente à infraestrutura de tecnologia de informação e sua composição sistêmica.

5.1 MEDIÇÃO INTELIGENTE - MODELO WI-SUN:

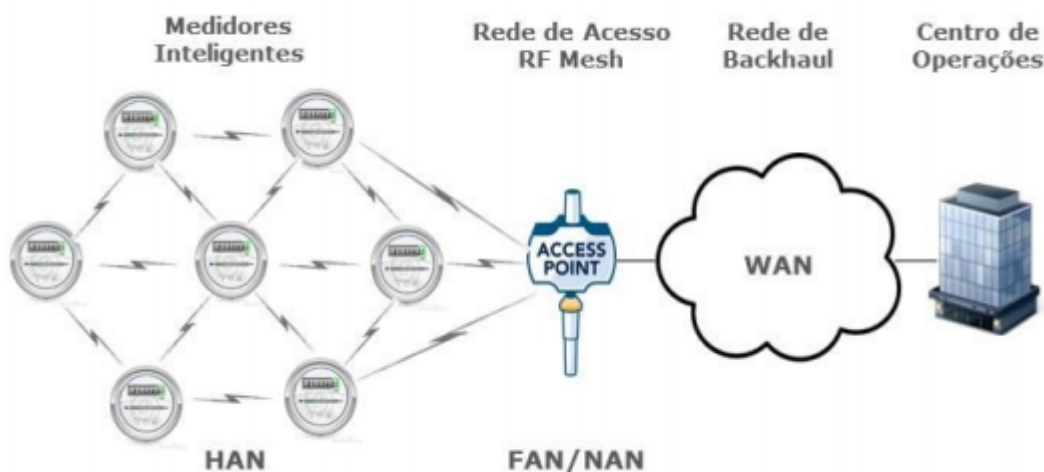
A Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network) é uma aliança global da indústria que promove soluções baseadas no padrão RF Mesh para Smart Utilities e Internet of Things (IoT). (FILHO, 2017, p. 86).

RF Mesh é um padrão de rede sem fio no qual cada elemento de rede, inclusive os dispositivos terminais é um repetidor em potencial, formando uma rede dinâmica em malha. Dessa forma, cada elemento pode ser acessado diretamente por um Concentrador ou por outro elemento por meio de um ou vários saltos (FILHO, 2017, p. 83). RF Mesh é atualmente o principal padrão de tecnologia para redes de comunicação aplicadas a projetos de redes inteligentes de energia elétrica baseados em rádio frequência.

O padrão RF Mesh permite a construção de uma infraestrutura de rede própria, e é perfeitamente aplicável a AMI de clientes de alta e baixa tensão (FILHO, 2017, p. 86-87, com adaptações).

A figura abaixo ilustra a topologia básica de uma rede RF Mesh.

Figura 26 - Topologia básica de rede RF MESH



Fonte: Filho (2017, p. 83)

Diante do cenário acima, neste item ilustraremos a composição dos elementos de TI responsáveis por gerenciamento do infraestrutura de AMI.

5.2 SISTEMAS DE TI

Embora a arquitetura típica de uma plataforma de TI para *smart grids* possua

duas camadas hierarquicamente interligadas (MDC e MDM), existem outros componentes periféricos que compõem toda a infraestrutura física do AMI e permite todo o funcionamento de forma síncrona e segura.

Nos itens a seguir, será feito todo o estudo e mapeamento dos equipamentos e arquitetura de TI para a AMI considerando a tecnologia RF MESH.

5.2.1 Composição do Head-End System (HES)

O *Head-End* (HE) é um componente importante e complexo no qual é responsável por transportar o tráfego dos concentradores CGRs (*Connected Grid Router*) ao FND (*Field Network Director*) de forma robusta.

Além disso, é responsável por fornecer a PKI (*Public Key Infrastructure*) que permite automação e coleta do FND para manter a segurança e coleta de dados de medição.

Os elementos do *Head-End* neste estudo de caso incluem:

- *Head-End Router / VPN Terminator*: Responsável pela terminação do túnel VPN com os CGR's;
- RA (*Registration Authority*) / SCEP (*simple certificate enrollment protocol*): Responsável por obter os certificados via servidor de CA (*certificate authority*) para os CGRs;
- *Tunnel Provisioning Server* (TPS) - Responsável por permitir que os CGRs se comuniquem com o FND quando eles são instalados pela primeira vez em campo. Após o FND provisionar os túneis entre os CGRs e ASRs, os CGRs se comunicarão diretamente com o FND;
- *Firewall* - Responsável por fornecer segurança do tráfego entre os elementos da rede;
- *Switches* - Responsável por fornecer conectividade aos elementos da rede;
- FND - Responsável pelo gerenciamento da solução de *Smart Grid*;
- Banco de Dados do FND – Responsável por armazenar toda a informação gerenciada pelo FND, como por exemplo: *firmwares*, configurações de template,

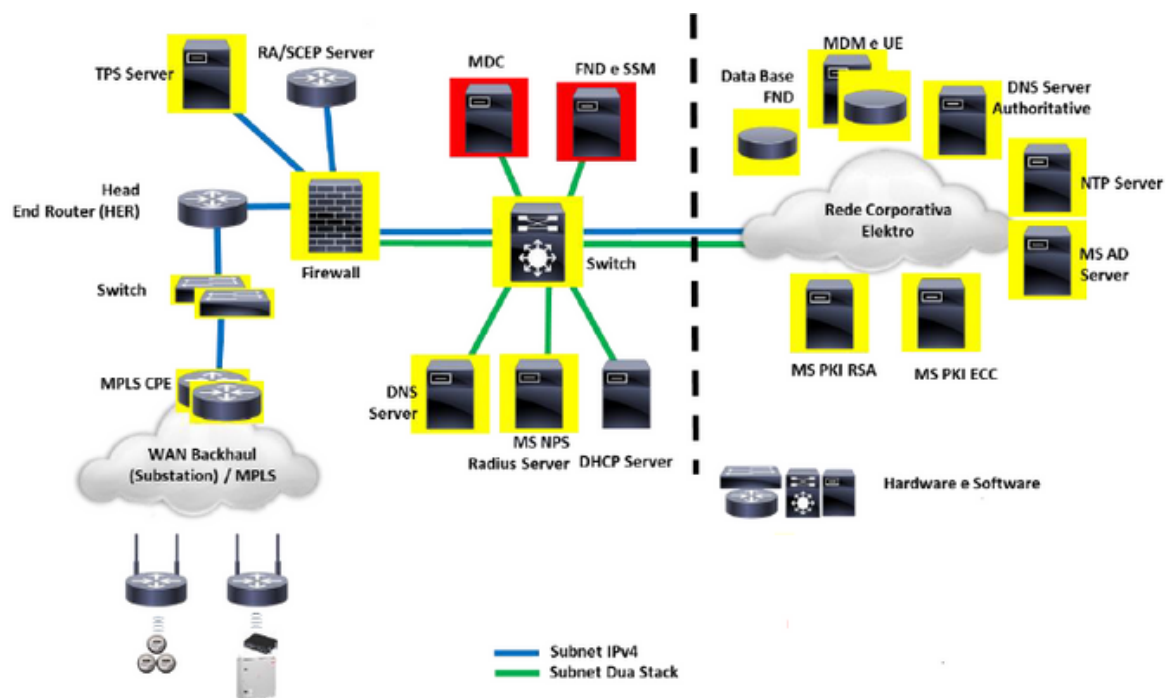
logs, eventos entre outros;

- *Server Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) – Responsável pela distribuição de endereçamento IPv6 na rede;
- *Radius / AAA* – Responsável pelo controle de acessos a rede;
- *DNS (Domain Name Server)* – Responsável pela resolução de nomes;
- *NTP (Network Time Protocol)* – Responsável pela sincronização de horário;
- *Server AD (Active Directory)*– Responsável pelo repositório e gerenciamento das contas e objetos;
- *Certificate Authority* padrão RSA (Rivest-Shamir-Adleman) – Responsável pela geração de certificado para os CGR's;
- *Certificate Authority* padrão ECC (*Elliptic Curve Cryptography*) – Responsável pela geração de certificado para os medidores inteligentes;
- *SSM (Smart Software Manager)* – Responsável por fornecer proteção confiável para transações, identidades e aplicações, garantindo chaves criptográficas e provisionamento de criptografia, autenticação e serviços de assinatura digital.

5.2.2 Topologia física da AMI

A partir das definições básicas dos componentes que representam o HES, foi feito um desenho evidenciando a forma como esses equipamentos se interligam fisicamente.

Figura 27 - Topologia física de um AMI

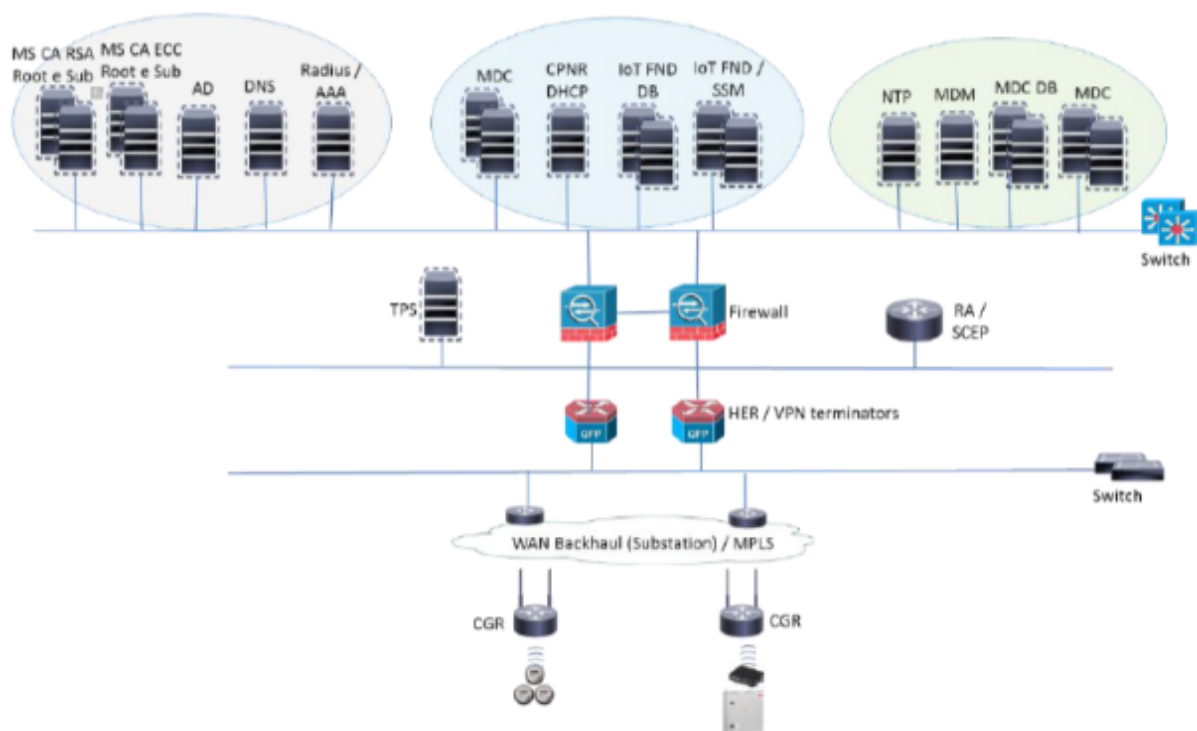


Fonte: O autor (2018)

5.2.3 Topologia lógica da AMI

Neste subitem está representado a topologia lógica da infraestrutura em questão e a forma como os dados transitam nas linhas de comunicação.

Figura 28 - Topologia lógica de um AMI



Fonte: O autor (2018)

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um sistema de gerenciamento de rede “Field Network Director” (FND) contemplando a filosofia de funcionamento de operação adotadas de automação de redes inteligentes. O trabalho pode ser dividido em três partes principais: (1) definição da filosofia de redes inteligentes como solução de medição remota, (2) definição de uma plataforma AMI evidenciando os diversos processos para sua composição final, (3) definição da tecnologia de gerenciamento de rede da plataforma AMI, apresentando um modelo completo dos sistemas periféricos necessários para a operação.

A seguir são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões de continuidade.

6.1 CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento deste trabalho e com a vivência no dia a dia trabalhando com tal tecnologia, foi possível verificar que o sistema de gerenciamento de rede é responsável por gerenciar segurança, autenticação, configuração, notificação e desempenho da plataforma AMI como um todo.

O FND também suporta gestão de falhas de rede, configuração, performance e gerenciamento de segurança. O sistema também permite a visualização dos equipamentos em mapa, ferramentas de diagnóstico e resolução de problema, além de integração a sistemas externos. A seguir estão listados os principais ganhos que um sistema de gerenciamento de rede efetivo pode trazer à uma companhia de distribuição.

- Monitoramento de dispositivos de rede: O sistema em questão permite o monitoramento dos dispositivos através de visualização de mapas. A partir dessa interface é possível recuperar informações de integridade dos dispositivos em campo e diagnósticos de conectividade de comunicação. Estão disponíveis painéis configuráveis e em relatórios para identificar o caminho de comunicação para o medidor, juntamente com as principais métricas (latência, utilização de largura de banda, etc.).
- Gestão de desempenho: Capaz de fornecer estatísticas para avaliar o comportamento e o desempenho dos dispositivos. Filtros são aplicados às métricas de desempenho de rede (tráfego de comunicação por IP) para determinar se há problemas na mesma.

- **Gestão de falhas:** Os recursos de gerenciamento de falhas incluem a visualização de eventos de rede e alarmes. Eventos de rede transmitem informações gerais ou status atual dos dispositivos, enquanto que os alarmes chamam a atenção para eventos graves relativos aos dispositivos.
- **Segurança dos dados:** Um diferenciador importante de segurança avançada fornecida pela implantação da rede de área de campo com protocolo IPv6 para aplicações de Smart Grid e Smart City. A infraestrutura de rede segura integra os princípios fundamentais de controle de acesso que são: integridade e confidencialidade dos dados; detecção e atenuação de ameaças; e integridade física dos equipamentos em campo.
- **Gerenciamento de configurações:** O sistema de gerenciamento de rede facilita a configuração de grandes números de roteadores e de comunicação de rede nos medidores inteligentes. As concessionárias, em geral, configuram dispositivos em grandes volumes ao colocá-los em grupos de configuração. Todos os parâmetros configuráveis podem ser atualizados remotamente a partir do FND.

6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da execução deste trabalho foi possível verificar um grande desenvolvimento profissional aliado aos conhecimentos técnicos e gerenciais adquiridos no decorrer dos projetos aos quais estive inserido.

Tais aspectos foram fundamentais para colocar em prática os conhecimentos teóricos que pude aprender durante o período de graduação, mesmo que em uma outra concepção, visto que, somente a partir deste trabalho eu pude consolidar os conceitos da importância da tecnologia da informação aliados às necessidades de uma rede inteligente e seus ganhos para a companhia.

Para projetos futuros podemos considerar a expansão da infraestrutura de rede de comunicação alavancada pelos projetos de telemedição, ampliando a área de cobertura da rede de comunicação, expandirá também os projetos de automação da rede de distribuição alinhados aos conceitos deste trabalho.

O modelo estudado pode ser considerado por outras distribuidoras brasileiras e acelerar a evolução da adoção de redes inteligentes no Brasil, o que é definitivamente essencial para o futuro do setor elétrico nacional com impacto não só para o segmento da distribuição, mas também para o segmento da geração.

REFERÊNCIAS

. Disponível em: <<https://www.elektro.com.br/sobre-a-elektro/cidades-atendidas>>. Acesso em: 22 out. 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica . **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 375. 25 DE AGOSTO DE 2009.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD_2008-ChamadaPE11-2010.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **PROJETO ESTRATÉGICO: “PROGRAMA BRASILEIRO DE REDE ELÉTRICA INTELIGENTE: CHAMADA Nº 011/2010.** Brasília, Julho de 2010. 21 p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD_2008-ChamadaPE11-2010.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

B.N, João. **Sistemas de Informação.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

BANDEIRA, FAUSTO . **REDES DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTES.** Abril de 2012. 10 p. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema16/2012_7872.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

BRUNSCHWILER, Cyrill. **Advanced Meter Infrastructure Architecture and Components.** 2013. Disponível em: <<https://blog.compass-security.com/2013/02/advanced-metering-infrastructure-architecture-and-components/>>. Acesso em: 26 out. 2018.

CCNA Exploration 4.0: Configuração e Conceitos Básicos de Switch. 2011. Disponível em: <<http://nomundodasredes.blogspot.com/2011/12/diferenca-entre-unicast-multicast-e.html>>. Acesso em: 24 out. 2018.

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Redes Elétricas Inteligentes: contexto nacional.** 2012. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Redes_Eletricas_Inteligentes_22mar13_9539.pdf/36f87ff1-43ed-4f33-9b53-5c869ace9023?version=1.5>. Acesso em: 14 nov. 2018.

COUTINHO, Jussara. **O guia básico da topologia de rede.** 2015. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/o-guia-basico-da-topologia-de-rede/91093/>>. Acesso em: 24 out. 2018.

_____. **O guia básico da topologia de rede.** 2015. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/o-guia-basico-da-topologia-de-rede/91093/>>. Acesso em: 24 out. 2018.

_____. **O guia básico da topologia de rede.** 2015. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/o-guia-basico-da-topologia-de-rede/91093/>>. Acesso em: 24 out. 2018.

D. GALLAGHER, Patrick . **NIST Framework and Roadmap for Smart Grid**

Interoperability Standards, Release 1.0 : Office of the National Coordinator for Smart Grid Interoperability . 2010. 145 p. Disponível em: <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/public_affairs/releases/smartgrid_interoperability_final.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

DA SILVA, Eduardo. **Rede Remotas de Computadores**. Santa Catarina, 2007. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/fernandao777/apostila-redes-remotas-de-computadores>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

DAMASCO, Professor. **Redes de Telecomunicações**. 2017. 13 p. Disponível em: <<http://www.profdamasco.site.br.com/SigApostilaRedesTelecomunica.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

DOS REIS, Fábio. **Topologias de Redes** : Curso de Redes de Computadores. 2016. Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/topologias-de-redes-curso-de-redes-de-computadores/>>. Acesso em: 23 out. 2018.

Elektro. **Cidades Atendidas**. Disponível em: <<https://www.elektro.com.br/sobre-a-elektro/cidades-atendidas>>. Acesso em: 22 out. 2018.

_____. **Historia**: Sobre a Elektro. Disponível em: <<https://www.elektro.com.br/sobre-a-elektro/historia>>. Acesso em: 22 out. 2018.

EPRI Electric Power Research Institute: Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap. Palo Alto, Califórnia, 2009. 184 p.

FARIA, Paulo C. B. . **Curso Essencial de Redes**. 1ª Edição. ed. São Paulo: Digerati, 2006.

FEDERAL Office for Information Security (BSI) Germany: Technische Richtlinie BSI-TR-03109-1 Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems. v0.5. ed. 2012.

FILHO, Hamilton. **OS DESAFIOS DAS REDES INTELIGENTES DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL E UMA SOLUÇÃO VIÁVEL DE IMPLEMENTAÇÃO**. Campinas, 2017. 136 p Monografia (Engenharia Elétrica) - UNICAMP, 2017.

FONSECA FILHO, Cleuzio. História da Computação. **Pucrs**. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/historiadacomputacao.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

FRANCISCATTO, DE CRISTO E PERLIN, Roberto, Fernando e Tiago. **Redes de Computadores**. Frederico Westphalen - RS, 2014. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/cafw/tecnico_informatica/redes_computadores>. Acesso em: 23 out. 2018.

Gilbert Breves Martins, Rhandsaissem Tavares Leal, Fabíola Nazaré Borges, Valdir Sampaio da Silva. **A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO PROCESSO ORGANIZACIONAL**. Fev 2003. Disponível em: <ab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo5/gne/biblioteca/a_tecnologia_da_informacao_no_processo_o>. Acesso em: 22 out. 2018.

H. G. Schroder Filho, J. Pissolato Filho and A. J. G. Pinto. **"New Methodology for Smart grids in Brazi"**. IEEE. Santiago, Chile, 2015.

KAGAN, Nelson. **EPRI** : Electric Power Research Institute. 2009.

LAUDON, Kenneth Jane. **Sistemas de Informação Gerenciais**. 9°. ed. Pearson, 2011.

LOPES, CASTRO E A MUCHALUAT-SAADE, Yona, Natalia e Débora. **Geração Distribuída de Energia**.

MACEDO, Diego. **Arquitetura de Aplicações em 2, 3, 4 ou N camadas**. 2013. Disponível em: <<http://www.diegomacedo.com.br/arquitetura-de-aplicacoes-em-2-3-4-ou-n-camadas>>. Acesso em: 22 out. 2018.

_____. **Topologia de Redes de Computadores**. Disponível em: <<https://www.diegomacedo.com.br/topologias-de-rede-de-computadores/>>. Acesso em: 23 out. 2018.

_____. **VPN - Virtual Private Network**. 2013. Disponível em: <<http://www.diegomacedo.com.br/a-importancia-de-uma-nat-e-de-uma-vpn-para-a-seguranca-da-informacao/?print=print>>. Acesso em: 22 out. 2018.

MARIN, Paulo Sérgio. **Data Centers**: Desvendando cada passo: Conceitos, projetos, infraestrutura física e eficiência energética. Érica, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MME. **Relatório Smart Grid**: Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes Ministério de Minas e Energia. 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256641/Relatxrio_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf/3661c46c-5f86-4274-b8d7-72d72e7e1157>. Acesso em: 27 out. 2018.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Relatório Smart Grid**: Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes. 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256641/Relatxrio_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf/3661c46c-5f86-4274-b8d7-72d72e7e1157>. Acesso em: 27 out. 2018.

NUNES, FLAUZINO, SPATTI, LIBO, DA SILVA, PICCHI, REZENDE , Ivan, Rogério, Danilo, Luisa, Alexandre, Daniel, José. **Redes Inteligentes de Distribuição de Energia Elétrica**. Artliber, 2018. 240 p.

Rezende e Abreu. **A tecnologia da Informação - Aplicada A Sistemas de Informação Empresariais**. 9. ed. Atlas, 2013.

RIVERA,SICILIANO E TEIXEIRA, Ricardo, Alexandre e Ingrid Teixeira. **Redes elétricas inteligentes (smart grid)**: oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB_40_Redetes_elétricas_inteligentes_P.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

S. PINHEIRO, José Mauricio . **Redes I Fundamentos**. Disponível em:
<https://www.projetoderedes.com.br/aulas/ugb_redes_i/ugb_redes_i_material_de_apoio_04.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

TANENBAUM, Andrew S.. **Rede de Computadores**. 4º. ed. Campus, 2003.

TYSON, Jeff. **Como funcionam os switches LAN**: (rede de comunicação local). 2009.

V. Aravinthan, V. Namboodiri, S. Sunku and W. Jewell. Wireless. **Wireless AMI Application and Security for Controlled Home Area Networks**: In Proceedings of Power and Energy Society General Meeting. 2011.