
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA – MINISTRO RALPH BIASI
Curso Superior de Tecnologia em Segurança da informação

LARISSA DANTAS DE ALMEIDA
LUCAS SALES DA SILVA

**A RELAÇÃO DA TEORIA DA INFORMAÇÃO COM O RUÍDO NA
REDE HFC**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Segurança da informação, sob a orientação da Prof^a Dr^a. Maria Cristina Aranda.

Área de concentração: Segurança da Informação

Americana, SP.

2023

**FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Fatec Americana Ministro Ralph Biasi-
CEETEPS Dados Internacionais de Catalogação-na-fonte**

ALMEIDA, Larissa Dantas de

A relação da teoria da informação com o ruído na rede HFC. / Larissa Dantas de Almeida, Lucas Sales da Silva – Americana, 2023.

47f.

Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Segurança da Informação) - - Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Aranda

1. Segurança em sistemas de informação 2. Transmissão de dados. I. ALMEIDA, Larissa Dantas de, II. SILVA, Lucas Sales da III. ARANDA, Maria Cristina IV. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi

CDU: 681.518.5
681519

Elaborada pelo autor por meio de sistema automático gerador de ficha catalográfica da Fatec de Americana Ministro Ralph Biasi.

LARISSA DANTAS DE ALMEIDA
LUCAS SALES DA SILVA

A RELAÇÃO DA TEORIA DA INFORMAÇÃO COM O RUÍDO NA REDE HFC

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Curso Superior de Tecnologia em Segurança da informação pelo Centro Paula Souza – FATEC Faculdade de Tecnologia de Americana – Ralph Biasi.

Área de concentração: Segurança da Informação

Americana, 16 de junho de 2023

Banca Examinadora:



Maria Cristina Aranda - Presidente

Doutor

Fatec Americana



Clerivaldo José Roccia

Mestre

Fatec Americana



Thiago Salhab Alves

Mestre

Fatec Americana

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por nos fazer seguir em frente para conclusão desse projeto. Esse trabalho só foi possível com o apoio que tivemos de pessoas especiais que fazem parte das nossas vidas.

A nossa Professora orientadora Maria Cristiana, que serviu de grande guia para a criação do trabalho.

Gostaríamos de agradecer também ao Jonatas Urbanowicz, que contribuiu com seus conhecimentos e experiências sobre a rede HFC, que foram pertinentes para realização da pesquisa.

Não podemos deixar de agradecer aos nossos familiares que nos incentivaram e estavam presente em todos os momentos desse trabalho.

Obrigado a todos, o trabalho não seria satisfatório sem a contribuição de todos.

*“Informação é a resolução da
incerteza.”*

*(Claude E.
Shannon*

RESUMO

Os sistemas de comunicação são essenciais em praticamente todos os serviços que requerem a transmissão de informações de emissores para receptores. Eles desempenham um papel fundamental na existência de redes interconectadas, permitindo a transmissão de milhares de dados ao longo do processo de comunicação. Nesse sentido, é crucial garantir uma transmissão de sinal limpa e de alta qualidade, sem a interferência de ruídos que possam comprometer a segurança das informações propagadas. A transmissão dos dados depende de uma série de requisitos tecnológicos, sendo eles lógicos e físicos, para que os sinais sejam transmitidos com qualidade do emissor ao receptor. Os ruídos nesse processo devem ser identificados e tratados para impedir que o desempenho do sinal não seja afetado ou a conexão interrompida, tornando o canal de comunicação vulnerável. O objetivo deste trabalho é estabelecer uma relação entre alguns conceitos da Teoria da Informação e o ruído presente na rede de telecomunicação HFC, essa rede consiste em uma combinação de cabos coaxiais e fibras ópticas. Os teoremas abordados pela teoria da informação, permite que os dados transmitidos busquem a mais eficiente forma de transmissão, com uso de técnicas para correção de erros das mensagens transmitidas e além disso, a pesquisa busca analisar e identificar falhas na qualidade do sinal por meio do monitoramento da rede, possibilitando a adoção de medidas preventivas e corretivas nesse segmento. A escolha da temática surgiu da importante necessidade de se ter conexões mais confiáveis, precisas e seguras.

Palavras-chaves: Teoria da Informação, Transmissão de Sinal, HFC

ABSTRACT

Communication systems are essential in virtually all services that require the transmission of information from senders to receivers. They play a fundamental role in the existence of interconnected networks, allowing the transmission of thousands of data along the communication process. In this sense, it is crucial to ensure a clean and high-quality signal transmission, without interference from noise that could compromise the security of propagated information. Data transmission depends on a series of technological requirements, both logical and physical, so that the signals are transmitted with quality from the transmitter to the receiver. The noise in this process must be identified and treated to prevent the signal performance from being affected or an interrupted connection, making the communication channel vulnerable. The objective of this work is to establish a relationship between some concepts of Information Theory and the noise present in the HFC telecommunication network, this network consists of a combination of coaxial cables and optical fibers. The theorems addressed by information theory allow the transmitted data to seek the most efficient form of transmission, using techniques to correct errors in the transmitted messages and, in addition, the research seeks to analyze and identify flaws in the signal quality through the network monitoring, enabling the adoption of preventive and corrective measures in this segment. The choice of theme arose from the important need to have more reliable, accurate and secure connections.

Keywords: Information Theory, Signal Transmission, HFC

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 TEORIA DA INFORMAÇÃO	11
3 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO	18
4 REDE HFC	21
4.1 PARAMETROS DE SINAIS NA REDE	24
4.2 TIPOS DE RUÍDOS NA REDE.....	32
4.2.1 CABEAMENTO DANIFICADO	32
4.2.2 AMPLITUDE DA MODULAÇÃO	33
4.2.3 RUÍDO IMPULSIVO.....	34
4.2.4 RUÍDO DE CROSSATALK	34
4.2.5 SEM SINAL.....	34
5 ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE REDE EXTERNA	35
5.1 FERRAMENTAS DE ANÁLISE	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Os canais de comunicação possibilitam a transmissão de informações, por meio de vários tipos de mídia, como a Internet, televisão, rádio entre outros. Permitindo que milhares de dados sejam transmitidos de um emissor para um receptor através de uma rede interconectada. Segundo Medeiros (2016, p. 77) "Canal ou meio de comunicações é o meio físico entre o transmissor e o receptor por onde transitam os sinais elétricos ou eletromagnéticos da informação" O principal e mais influente sistema de comunicação da atualidade é a Internet, ela possibilita a transmissão e o recebimento de dados em tempo real. A Internet se tornou o meio de comunicação de dados central da sociedade moderna, contribuindo com os avanços tecnológicos e a globalização. O termo comunicação de dados pode ser definido como:

A técnica de transferência confiável de informações do sinal de dados entre pontos distantes. Inclui, além das funções de transmissão, outros adicionais, como por exemplo, detecção e correção de erros, protocolos, serviços oferecidos para a comunicação de dados etc. (SILVEIRA, 1991. p. 17)

O canal de comunicação por meio da Internet permite que os usuários compartilhem informações e realizem atividades que requerem a transmissão de dados, isso ocorre através de dispositivos conectados na rede, essa conexão é formada por uma infraestrutura física e lógica de sistemas de telecomunicações que incluem, equipamentos de rede, cabos, antenas e torres. A conexão iniciada por meio dela e um dispositivo conectado à Internet, permite a transmissão de dados, como áudio, vídeo e voz.

Além da Internet, a televisão ainda que não sendo atualmente a tecnologia mais utilizada como já foi no passado, continua sendo uma particularidade interessante da rede HFC, pois é possível, que em uma mesma residência o usuário possa ter Internet e televisão através de um único meio de comunicação, ou seja a rede HFC. A segurança para a transmissão dos dados por meio da televisão tem as mesmas características na aplicação da Internet, sendo extremamente necessário que o transmissor do sinal ao receptor, a televisão, seja estabelecida com a menor interferência de ruído possível, permitindo uma comunicação segura dos canais para usuário.

Através dos sistemas de comunicações os assinantes, usuários ou correspondentes trocam informações, operando equipamentos terminais, elétricos ou eletrônicos, tecnicamente compatíveis com o sistema. As informações fluem pelos canais de comunicações como

fibra óptica, na forma de sinais elétricos ou eletromagnéticos (MEDEIROS, 2016).

As transmissões de dados de um emissor ao receptor, nem sempre são estabelecidas de forma linear, ou seja, os meios de transmissão de dados são suscetíveis a inúmeras interferências e falhas de comunicação. As interferências são todo ou qualquer tipo de ruído que deixe a comunicação falha ou com falta de dados, isso pode ser percebido pelo usuário como uma lentidão ou interrupção da conexão. Neste caso, o ruído é a interferência de sinal na Internet, ela afeta a qualidade do canal de comunicação e gera erros na transmissão dos dados. Esse problema compromete o desempenho da conexão estabelecida e pode gerar diversos malefícios para os usuários.

Na medida em que uma transmissão de dados é afetada, devido a interferências de sinal, a segurança desse meio de comunicação é comprometida, visto que, as informações podem ser interceptadas, interrompidas ou alteradas, portanto, essa problemática se torna um desafio para a segurança da informação, pois qualquer tipo de vulnerabilidade pode afetar o processo de transmissão de dados.

Com base no exposto, o objetivo geral desta pesquisa é apresentar a relação entre a teoria da informação e o ruído na rede HFC. Além disso, é necessário compreender o processo de transmissão de dados na rede, juntamente com as vulnerabilidades existentes no processo de comunicação, e por meio da realização de uma análise do ingresso de ruído em um sistema de telecomunicação identificar o problema, com o uso de software de monitoramento de rede, no caso, a ferramenta XPERtrak para identificação de falhas no desempenho da conexão.

2 TEORIA DA INFORMAÇÃO

A teoria da informação é o estudo do tratamento de informações, como são armazenadas, transmitidas e processadas (CALDEIRA, 2012). A origem é dada na publicação do artigo "A Mathematical Theory of Communication" de 1948 pelo matemático, engenheiro elétrico, cientista da computação e criptógrafo Claude E. Shannon, baseando-se nos trabalhos de Harry Nyquist de 1924, "Certos fatores que afetam a velocidade do telégrafo" e Ralph Hartley de 1928 "Transmissão de informações", sendo aplicada em diversas áreas da estatística, economia, física teórica e influenciando principalmente nos meios de telecomunicações, como por exemplo, na rede HFC, que será abordada nesse trabalho. A influência do trabalho de Shannon é nítida atualmente, com a publicação de livros e artigos de outros autores sobre a teoria da informação e sempre acrescentando melhorias no estudo, tendo grande importância para entender o processo de envio dos dados, tratativa de ruído na rede, da comunicação digital, criptografia, decodificação, inteligência artificial e teorias da computação, permitindo o desenvolvimento da segurança da informação e comunicação atual (ZUBEN; ATTUX, 2016).

A definição da palavra informação é genericamente ampla podendo ser descrita como "Um conjunto organizado de dados, que formam mensagem sobre um determinado fenômeno ou evento" (ADIL, S.D). Na teoria da informação terá outro significado, sendo usado como algo incerto, ou seja, quanto mais probabilidade que uma ação ocorra, menor ela precisa ser informativa. Essa quantidade de informação em uma mensagem é medida pela sua entropia.

O termo "entropia" foi introduzido em 1850 pelo físico alemão Rudolf J. E. Clausius, para caracterizar o grau de uniformidade com que a energia, sob qualquer forma, está distribuída. Quanto mais uniformemente distribuída estiver, maior a entropia. Quando a energia estiver distribuída de maneira completamente uniforme, a entropia atinge o valor máximo para o sistema em questão (ASIMOV, p.76, 1981).

Shannon (1948) propôs esse conceito da física aplicado para teoria da informação de como transmitir o máximo de informações com o mínimo de uso da entropia. A entropia na teoria da informação funciona como um processo quantitativo de envio das informações, sendo a medida da desordem de um sistema, ou seja, a medida da quantidade de informação que está faltando para descrever completamente o estado do sistema. Quanto maior a entropia, mais informação a mensagem pode conter.

Por exemplo, uma mensagem que contém apenas um único *bit* tem uma baixa entropia, enquanto uma mensagem que contém milhares de *bits* tem uma alta entropia. O *bit* (dígito binário do inglês "Binary digit") foi outro conceito que surgiu no artigo "A Mathematical Theory of Communication" que Shannon atribuiu sua origem a John W. Tukey (SHANNON, 1948).

Um bit, ou dígito binário (binary digit), é a unidade básica que os computadores e sistemas digitais utilizam para trabalhar, ele pode assumir apenas dois valores, 0 ou 1. Um byte é uma sequência de 8 bits. (UAB. 2013. Pag. 17)

Conforme explicado por Silva (2019), um exemplo calculado da entropia para um evento com duas probabilidades é o lançamento de uma moeda que pode resultar na probabilidade 1 - Cara e a probabilidade 2 - Coroa, sendo representados

$$P_1 = 50\% \quad P_2 = 50\%$$

A fórmula da entropia apresentada por Shannon é calculada da seguinte forma:

$$S = -P_1 \ln_2(P_1) - P_2 \ln_2(P_2)$$

Para obtenção em *bits* é preciso realizar o logaritmo na base dois, sendo:

$$S = -(0,5) \ln_2(0,5) - (0,5) \ln_2(0,5) = 0,5 + 0,5 = 1$$

Na fórmula do cálculo de S, a entropia relacionada ao evento é 1 *bit*, então:

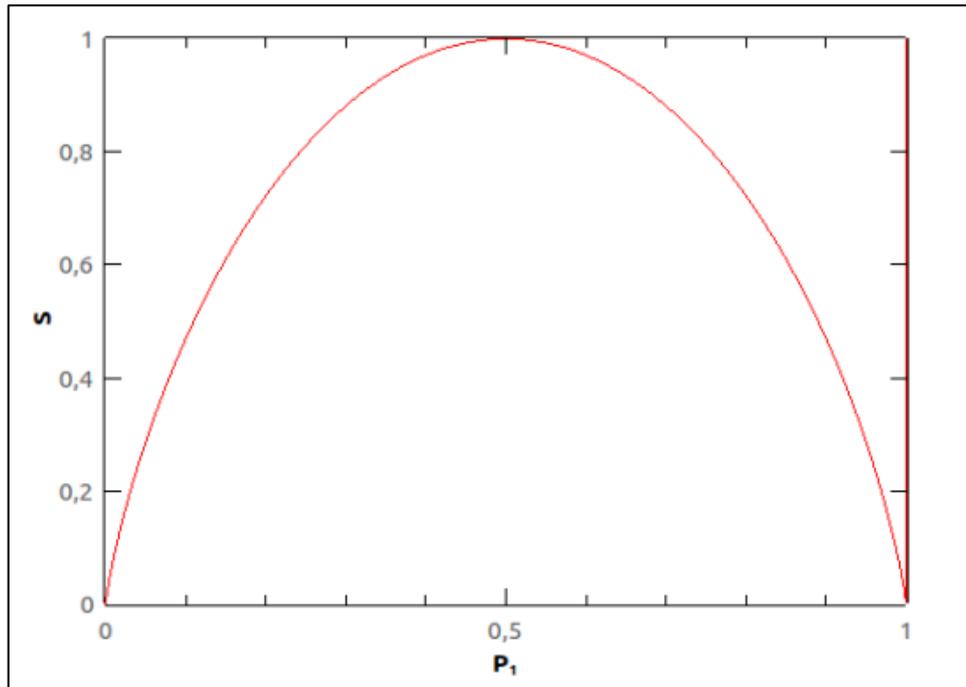
$$P_1 + P_2 = 1$$

A entropia sendo representa na P_1 :

$$\begin{aligned} S &= - P_1 \ln_2(P_1) - P_2 \ln_2(P_2) \\ &= - P_1 \ln_2(P_1) - (1 - P_1) \ln_2(1 - P_1) \end{aligned}$$

Na Figura 1, é apresentado o gráfico de S na função P_1 :

Figura 1 – Representação gráfica da entropia da P_1



Fonte: Silva, 2019

Na Figura 1 apresenta que a entropia (linha vermelha) chega ao seu máximo quando $P_1 = P_2 = 0,5 = 50\%$, possuem a mesma possibilidade de ocorrer. Utilizando a moeda como exemplo, ao lançar as chances são iguais para cara e coroa sendo uma situação parecida como uma transmissão de mensagens quando a ocorrência dos símbolos tende a possibilidades parecidas de ocorrer, assim a entropia obtém seu valor máximo. Sendo mostrado nesse gráfico, que quanto maior for a diferença entre as probabilidades menor será a entropia quando atingir o máximo da resolução, com S chegando a zero quando P_1 ou P_2 atingirem 100%. Para confirmar, uma nova suposição de probabilidade 1 sendo 70% e $P_2 = 30\%$. A entropia associada a este evento é representada como:

Solução: Para $P_1 = 0,7$ e $P_2 = 0,3$ sendo assim a entropia desse exemplo é:

$$S = -(0,7) \ln_2(0,7) - (0,3) \ln_2(0,3) = 0,8813$$

Assim pode-se concluir que a entropia é menor do que era na $P_1 = 0,5$ e $P_2 = 0,5$. Sendo assim, a entropia sofre uma diminuição se alguma das probabilidades aumentar.

O interessante sobre a teoria da informação são os conceitos matemáticos aplicados a definição da informação, utilizando a entropia é possível deduzir quanto

maior a probabilidade menor precisa ser a informação e vice-versa. Na Teoria da Informação Shannon concebeu vários teoremas, os principais são: Teorema da Capacidade de Canal; Teorema de Codificação de Fonte e Teorema de Codificação de Canal que são utilizados nas mais variáveis áreas. A seguir apresenta-se o modelo de maior influência na área que pode ser aplicada à rede HFC, o teorema da Capacidade de Canal estabelecido por Shannon:

Segundo Mendes (2007) Teorema de Capacidade de Canal é um conceito proposto por Shannon em 1948, estabelece a quantidade máxima para a transmissão de dados seja menor que a largura de banda; que representa a quantidade máxima de informações que podem ser transmitidas em um meio de comunicação com presença de ruído, sendo assim, a entropia (H) não excedendo a capacidade do canal (C).

$$C > H$$

Depois de obter o resultado da entropia é necessário realizar o comparativo com a capacidade do canal, o método para calcular a capacidade do canal é representada pela função.

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Descrição das variáveis da relação de Shannon:

C – Máxima capacidade do canal em bps.

W – Máxima banda passante do canal medida em Hz.

S – Potência média do sinal em Watts.

N – Potência média do ruído em Watts.

S/N – Relação sinal-ruído.

Exemplo:

Uma base sistema de telefonia em que a largura de banda é 3000 Hz, a relação sinal-ruído tem uma variação de 30 dB e 35 dB. Em telecomunicações, decibéis (dB) é uma unidade de medida geralmente utilizada para demonstrar relações entre potências, tensões, ganhos ou perdas em sistemas de comunicação. O decibel é uma

escala logarítmica, isso significa que é baseado em logaritmos de razões entre as grandezas medidas.

O cálculo da capacidade efetiva do canal:

$$3000 \times (\log_2 1 + \log_2 1000)$$

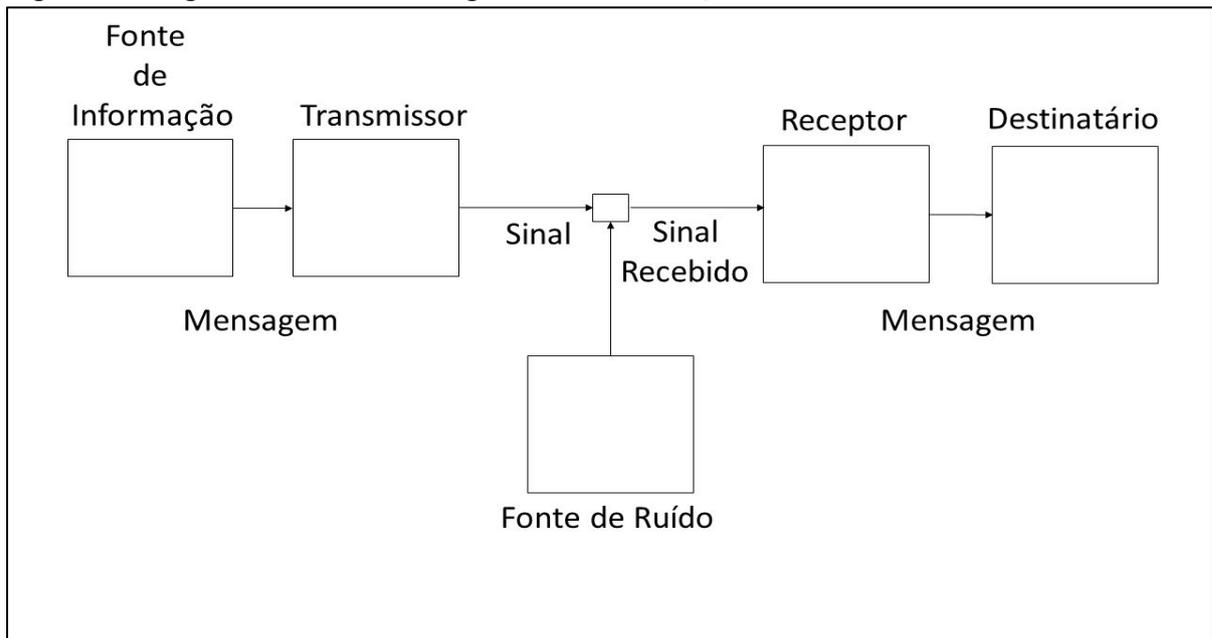
Para resolução do logaritmo, a conclusão será: 2 elevado a quanto resultará em 1000. Como resposta, temos +- 2^{10} .

$$3000 \times (0 + 10) = \sim 30000 \text{ bps ou } 30 \text{ Kbps}$$

Existe a variação das linhas telefônicas variam entre 30 dB e 35 dB, assim a banda prática de 33.6 Kbps.

A Figura 2 publicada no artigo "A Mathematical Theory of Communication" de SHANNON (1948) descreve a troca de informações de uma fonte de informação até o receptor final, realizada através de um canal de comunicação com ruído. Esse diagrama é utilizado por autores que trabalham com ruído.

Figura 2 – Diagrama de um sistema geral de comunicação com ruído



Fonte: Adaptado de Shannon, 1948

Como a teoria da informação também é aplicada em áreas como a criptografia e a compressão de dados, a redundância é primordial para atender critérios de segurança como a integridade dos dados. A estrutura do envio de uma mensagem na teoria da informação funcionará usando uma estrutura linear lógica, começando pela fonte de informação que será o ponto inicial da criação dos dados que serão enviados

através do sistema de transmissão. Não se limita somente a dispositivos eletrônicos digitais, mas podendo ser livros, imagens ou áudios. Como o local de origem da informação que será transmitida, a fonte de informação tem como objetivo gerar a mensagem, portanto deverá ser utilizada a melhor estrutura possível para transmissão da informação com a quantidade de dados em termos de entropia. Com a mensagem já estabelecida ela será codificada pela função do transmissor que realizará a conversão da informação adaptando para o meio de transmissão. O transmissor é o elemento que opera a mensagem de modo a produzir um sinal que seja adequado para ser transmitido em seguida pelo canal, que deverá ser feito através de códigos com eficiência dos diferentes métodos de codificação, modulação para maximizar a taxa de transmissão minimizando a interferência e os erros. Com a informação sendo um texto, imagem ou áudio o transmissor mudará esses dados para sinais referentes ao meio de comunicação utilizado, como por exemplo os sinais de rádio, televisores, via satélite e outros. O canal de comunicação é a forma física de como a mensagem será enviada do emissor até o receptor seja ela visual, auditiva ou sinestésica (combinação de sentidos e sensações). Esse transporte pode ser feito de várias maneiras através de fio eletromagnético, via transmissão óptica ou pelo ar com as transmissões de radiofrequências. Importante que nesse processo o canal garanta que a mensagem do emissor chegue ao receptor.

Para o receptor, a mensagem recebida é codificada tendo então a função de realizar a decodificação. O código de codificação gerado no transmissor deverá ser decodificado gerando a mensagem enviada, servindo de envio ao destinatário final.

E por fim, o destinatário, que é o ponto final do envio da mensagem será o objeto encarregado de receber a mensagem original criada no início pela fonte de informação, quando a mensagem chega contendo as informações por completo do emissor, a transmissão foi bem-sucedida (SHANNON, 1948).

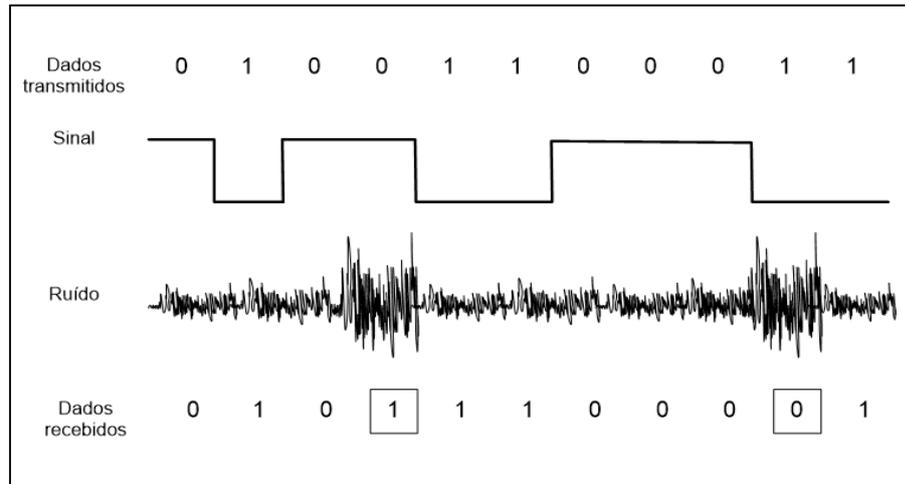
Esse processo é a base para todo tipo de comunicação atual, sendo de extrema importância para os meios de transmissão, assegurando estabilidade e confiança de envio nas mensagens para o receptor.

Ruído é o principal problema que será abordado nesse trabalho, o termo ruído pode ser utilizado nas mais diversas áreas, com o significado amplo de um barulho, uma interferência ou uma perturbação elétrica não desejável afetando de alguma forma a comunicação.

O ruído na teoria da informação não abrange somente a interferência elétrica,

mas também qualquer interferência na transmissão do sinal, como a atenuação, distorção, degradação ou uma oscilação. São os mais variados tipos que podem causar danos à mensagem, sendo assim, o ruído acaba gerando desinformação no processo de comunicação.

Figura 3 - Efeito do ruído



Fonte: Maia, 2009.

A Figura 3 mostra *bits* sendo transmitidos digitalmente, o ruído interferindo e gerando alteração na informação encaminhada até chegar no receptor. Além disso, o ruído é uma fonte de entropia, isso significa que a presença de ruído em uma mensagem pode aumentar sua entropia, tornando mais difícil a sua compressão e armazenamento eficiente.

Em qualquer transmissão, o sinal recebido consiste no sinal transmitido modificado por várias distorções impostas pelas características do meio físico adicionados de outras distorções inseridas durante a transmissão devido a interferências de sinais indesejáveis denominados ruídos. O ruído é um dos maiores limitantes do desempenho de sistemas de comunicação (SOARES, 1995, p. 51).

Esses problemas são geralmente causados por fatores aleatórios, como fontes elétricas, sons altos, tempestades, dispositivos internos, ou cabos danificados e mau contatos.

Para a teoria da informação, o ruído é considerado qualquer fonte de interferência que afete a informação no canal de transmissão. Um ruído causa a degradação dos níveis de sinal na rede e afeta a qualidade de transmissão de qualquer tipo de dados.

3 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

A segurança da informação atualmente é aplicada majoritariamente nos sistemas de comunicação e tem como o principal objetivo assegurar que o padrão de segurança está de acordo. A segurança da informação é a proteção da informação de vários tipos de ameaças para garantir a continuidade do negócio, minimizar o risco ao negócio, maximizar o retorno sobre os investimentos e as oportunidades de negócio (ABNT, 2013).

Na área de segurança da informação, há diversos modelos de gerenciamento, sendo o mais utilizado conhecido como a Tríade CID (Confidencialidade, Integridade e Disponibilidade). Esse modelo estabelece os três pilares fundamentais que devem ser considerados para proteger as informações. O ruído nesse sentido, representa uma fonte de vulnerabilidade no sistema de comunicação e pode afetar qualquer um desses pilares.

[..] a segurança das comunicações se traduz em aplicações de medidas de proteção dos enlaces, que visam dificultar o entendimento das mensagens porventura captadas por elemento estranho ao sistema e prevenir possíveis interferências, eventuais ou propositais [..] (MEDEIROS. 2005)

Nos últimos anos, temos testemunhado uma significativa migração de informações manuais para o ambiente digital, tanto no cotidiano das pessoas quanto no mundo corporativo. Essa tendência é impulsionada pela consolidação de tecnologias que priorizam critérios de segurança e confidencialidade da informação.

Em confidencialidade é de extrema importância que as informações estejam acessíveis apenas para aqueles que possuem autorização. De acordo com a ISO/IEC 17799 (ABNT, 2001) e a ISO/IES 27001 (ABNT, 2006) tratam a confidencialidade como “A garantia de que a informação apenas se encontra disponível para quem está autorizado a acedê-la.” Quando as informações são trocadas com sucesso entre o transmissor e o receptor, é essencial que apenas esses dois tenham conhecimento dos dados envolvidos. Aplicativos bancários são um bom exemplo dessa mudança, antes a confiança em utilizar o dinheiro digital era algo ariscado não somente pela instabilidade que os aplicativos sofriam, mas também pela insegurança nas transações e falta de confiabilidade nos próprios dados cadastrais.

Utilizando ainda o exemplo de aplicativos de bancos, para o usuário que contém um valor físico de dinheiro em forma de moeda ou cédula e deseja migrar para uma carteira de investimento por exemplo, é feito através de um processo que

criptografa e codifica os dados, podendo somente se solicitado e acessado através de autenticações permitidas pelo próprio usuário (MIOZZO, 2020). Além da falha na segurança, o usuário cujas informações foram vazadas pode não estar ciente do incidente e, conseqüentemente, não tomar as medidas corretivas necessárias. Isso permite que o invasor utilize os dados para suas próprias intenções por um período de tempo significativo.

No processo da transmissão do sinal na rede, a integridade pode não ser garantida, uma vez que, os dados podem ser alterados ou corrompidos, devido a perda de desempenho do sinal em decorrência da degradação dos níveis. Isso ocorre quando os níveis estão alterados na rede, ou seja, fora do parâmetro correto para o pleno funcionamento, a conexão conseqüentemente perde sua qualidade, isso se caracteriza como uma degradação na rede.

O termo integridade pressupõe algo íntegro, aquilo que está em seu estado original, sem que tenha sofrido qualquer tipo de alteração.

Integridade: Significa proteger a exatidão e complexidade da informação e dos métodos de processamento. Também é definida como a garantia de que os dados recebidos estão exatamente como foram enviados por um emissor autorizado (MENDES; OLIVEIRA, 2013 *apud* STALLINGS, 2008).

O ingresso de ruído em uma rede gera erros de *bits*, no processo da transmissão do sinal, esses erros causam a perda do pacote ou a corrupção das informações. Um erro de *bit* pode ocasionar em uma mensagem não compreensível para o destinatário. Além do que, erro de *bits* em informações confidenciais comprometem a integridade e segurança da informação. Esse problema causa grandes riscos no processo de transmissão, além da não garantia de quais são as informações corretas, a gastos financeiros e tempo de investigação no tratamento desses dados, algo que poderia ser evitado se tratado todas as vulnerabilidades da rede em questão.

A disponibilidade em segurança da informação é garantir que usuários autorizados tenham acesso à informação quando necessário. Segundo Sêmola (2014) *apud* Mascarenhas Neto e Araújo (2019) “Toda informação gerada ou adquirida por um indivíduo ou instituição deve estar disponível aos seus usuários quando necessitem delas para qualquer finalidade”. Uma vez que a presença de ruído na rede resulta na alteração ou perda dos pacotes de dados originais, impedindo sua entrega ao usuário final. Isso afeta negativamente a disponibilidade das informações em uma

rede. Em particular, o ruído gerado em uma rede HFC (Hybrid Fiber-Coaxial) pode afetar a qualidade do sinal ou até mesmo interrompê-lo, o que está diretamente relacionado à indisponibilidade no envio de pacotes ou das próprias informações.

Esses obstáculos podem ser amenizados seguindo as normas da segurança da informação, o tratamento de dados e técnicas de criptografia de informações. Dessa forma justifica-se que é de extrema importância que a infraestrutura tecnológica evite ao máximo e corrija os ingressos de ruídos. O não tratamento adequado desses ruídos pode causar grandes prejuízos a todo e qualquer processo.

Portanto, o trabalho exposto irá retratar a influência do ruído em uma rede de telecomunicação, especificamente na rede HFC (Hybrid Fiber Coax).

4 REDE HFC

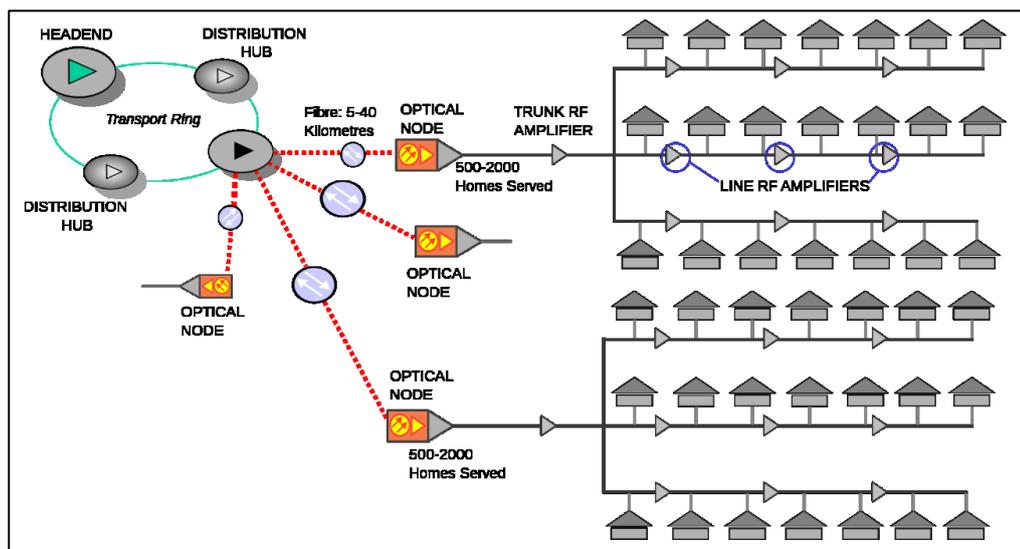
A rede HFC (Hybrid Fiber Coax) é uma rede híbrida que utiliza a infraestrutura óptica como meio de transmissão e a infraestrutura coaxial para distribuição do sinal até os clientes.

Ela surgiu, após, o antigo sistema de televisão a cabo, chamada CATV (Community Antenna Television). Esse sistema recebia os sinais via antenas e transmitia via cabo coaxial até as residências dos clientes. Com a evolução da tecnologia e alta demanda não somente dos serviços de TV a cabo, Internet e Telefonia os cabos coaxiais foram sendo substituídos inicialmente por cabos ópticos, seguidos por um trecho de cabos coaxiais melhorando o desempenho na linha de transmissão dos sinais (TANEMBAUM, 2011).

Um sistema com fibra nas linhas principais e cabo coaxial nas ligações para as residências é chamado sistema HFC (Hybrid Fiber Coax — sistema híbrido de cabo coaxial e fibra). Os conversores eletro-ópticos que constituem a interface entre as partes óptica e elétrica do sistema são chamados nós de fibra. Pelo fato de a largura de banda da fibra ser muito maior que a dos cabos coaxiais, um nó de fibra pode alimentar vários cabos coaxiais (TANEMBAUM, p. 113, 2011)

Com essa mudança a rede HFC perdura como um dos principais sistemas de telecomunicações atualmente. Apesar de ter sido viabilizada a muitos anos, ela ainda é muito utilizada pelas principais empresas de telecomunicações.

Figura 4 – Topologia de uma rede HFC



Fonte: ELEX 4550: Wide Area Networks¹ 2015.

¹ Disponível em: <https://people.ece.ubc.ca/edc/4550.jan2015/lectures/lec3.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023

A imagem apresentada na Figura 4 ilustra uma estrutura HFC, que é formada pelo *Headend* (central de processamento de dados) que recebe sinais via satélite, fibra óptica ou antenas locais. Sua função é processar, codificar e ajustar o sinal para transmiti-lo via cabo. Para que a transmissão de sinais chegue até o cliente, os nós ópticos (*nodes*) realizam a conversão do sinal óptico para o coaxial, esses nós são responsáveis por enviar e receber os dados na rede. A fim de obter uma compreensão mais completa da figura em questão, é necessário esclarecer o significado de alguns elementos mencionados.

- **Headend:** Local físico que recebe o sinal de transmissão vindo de vários locais nacional e internacionalmente, sendo eles via fibra óptica, coaxial, satélite ou antenas locais. O funcionamento ocorre quando o sinal chega até o *headend* onde sinal é processado, amplificado, codificado e equalizado sendo logo depois transmitido através da tecnologia de fibra óptica (MKSOLUTIONS, 2021).

Esse processo ocorre através do CMTS (Cable Modem Termination System) um repetidor físico de sinais de TV, telefone e Internet. Localizado no *headend* utiliza o DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications), uma padronização virtual de transmissão para envio e recebimento de dados, a cada evolução do DOCSIS onde são geradas novas tecnologias de largura e ampliação das frequências de rede, assim sendo possível maior capacidade da banda larga (CISCO, 2005). Os sinais que o CMTS processa são encaminhados para os *cables modems*.

- **Hub:** O HUB de distribuição, são equipamentos físicos localizados em pontos estratégicos de conexão, funcionando como o um repetidor de sinal da fibra óptica. São fundamentais para que seja realizado a topologia de rede, no modelo acima a topologia representada é a Anel. Na topologia Anel os cabos ópticos são projetos para formarem um circuito completando com os HUBs, fornecendo assim sinais em todas as direções (ETN, 2019).
- **Cabo óptico:** São cabos inicialmente conectados no *headend* que transmitem o sinal em forma de luz até o transceptor óptico, o cabeamento óptico é composto de diversas fibras de vidro e revestido com blindagem, por ser tratado de um material frágil, sua proteção é maior que o coaxial e dividido por cores para identificação. A transmissão ocorre por impulsos de luz que significa um bit e a ausência da luz indica zero bit, esses impulsos de luz podem ser

classificados como de duas formas: Fibra *singlemode* que apenas um feixe de luz será encaminhado, e fibra multimodo onde vários feixes são enviados. Com o encaminhamento do sinal realizado é função do transceptor óptico converter o sinal da luz para sinal elétrico. Em relação aos cabos coaxiais a fibra óptica leva algumas vantagens como por exemplo na capacidade de banda, podendo fornecer maior armazenamento de informações como mais velocidade de banda larga. A estrutura do cabeamento é mais leve e menor, assim tendo um custo de instalação e suporte com melhor custo-benefício, menor atenuação no sinal enviado em comparação com o coaxial devido a transmissão ser via luz e não eletricidade, ou seja, ocorre menos perda de sinal. Por último, as fibras ópticas não possuem interferências de ativos na rede por não transmitirem sinais elétricos (MAIA, 2009).

- **Cabo coaxial:** Cabo coaxial são os condutores de corrente elétrica para os dispositivos na rede sendo constituído por dois tipos de condutores, o interno feito de cobre e o externo constituído de uma malha metálica servindo de proteção para o condutor interno, sendo revestido por uma proteção de plástico. O cabeamento coaxial oferece a transmissão de sinal tanto analógica e digital, fornecendo altas taxas de transmissões para longas distâncias. Por conta dessas características o coaxial ainda que não seja comum acaba tendo fragilidades, como interferências de ruído geralmente de equipamentos elétricos, principalmente em transmissões na *upstream* (MAIA, 2009). Uma vantagem da rede coaxial a fibra óptica é sua manutenção mais fácil e menos custosa, por se tratar de uma rede com mais tempo no mercado os dispositivos são mais baratos e uma maior mão de obra disponível para tratativas em comparação com a fibra óptica.
- **Node óptico:** Para que a rede híbrida, ou seja de fibra óptica para radio frequência funcione, é necessário um ativo (equipamento que utiliza energia elétrica) na rede chamado transceptor óptico ou node. Equipamento esse que transforma o sinal da luz da fibra óptica vindo do *Headend* para rádio frequência realizando um nó óptico, e atua também como um amplificador de rede, aumentando o sinal para os demais ativos e passivos (equipamento que não utiliza energia elétrica) da conexão. A abrangência de um node pode chegar a várias ruas dependendo do projeto, tendo em média de 500 até 3000 clientes conectados (CAMPOS; COSTA, 2019).

- **Trunk RF Amplificadores:** Com os sinais transmitidos através de energia elétrica ocorre a perda da potência que acaba gerando também a diminuição de sinais enviados na rede, quando passam por dispositivos ativos ou passivos na rede ocorre a perda desses sinais enviados ou recebidos, por isso é instalado na rede um amplificador, equipamentos passivos que tem a função de ampliar os sinais em 20dB e equalizar para melhorar performance (LEON, 2014).
- **Fonte de alimentação:** Equipamento localizado em postes públicos que realizam o fornecimento elétrico para os dispositivos ativos da rede, assim garantindo uma rede livre de distorções causadas pelas concessionárias e suprir energia por 2-3 horas nos equipamentos em falta de energia (ETN, 2019).
- **Cable modem:** É o equipamento final da infraestrutura HFC, localizado na residência do usuário onde será utilizado para o conectar a conexão de Internet, Televisão e Telefonia. Recebendo os sinais transmitidos pelo *Headend* sendo sinais analógicos ou digitais, o *cable modem* realizará a demodulação ou decodificação nessa ordem. Esse processo é para reverter os sinais de *downstream* que originalmente eram pacotes IP transformando-os novamente em pacotes IP (MENDES, 2015, p. 160).

4.1 PARAMETROS DE SINAIS NA REDE

Os parâmetros de sinais são características numéricas que descrevem as propriedades de um sinal, que pode ser uma forma de onda elétrica, acústica e óptica, ou qualquer outra variação que possa ser medida ou registrada que se propagam através de algum meio físico. Esses parâmetros são importantes para a análise e processamento de sinais na infraestrutura de rede.

A qualidade de uma rede de comunicação é medida através dos parâmetros de sinais, assim sendo, os níveis do sinal que definirá se a qualidade da comunicação está de acordo para seu funcionamento, ou se, está fora do padrão, nessa circunstância o sinal sofrerá alterações e até mesmo interrupções. Por meio das métricas de sinal, que o desempenho de uma rede pode ser avaliado

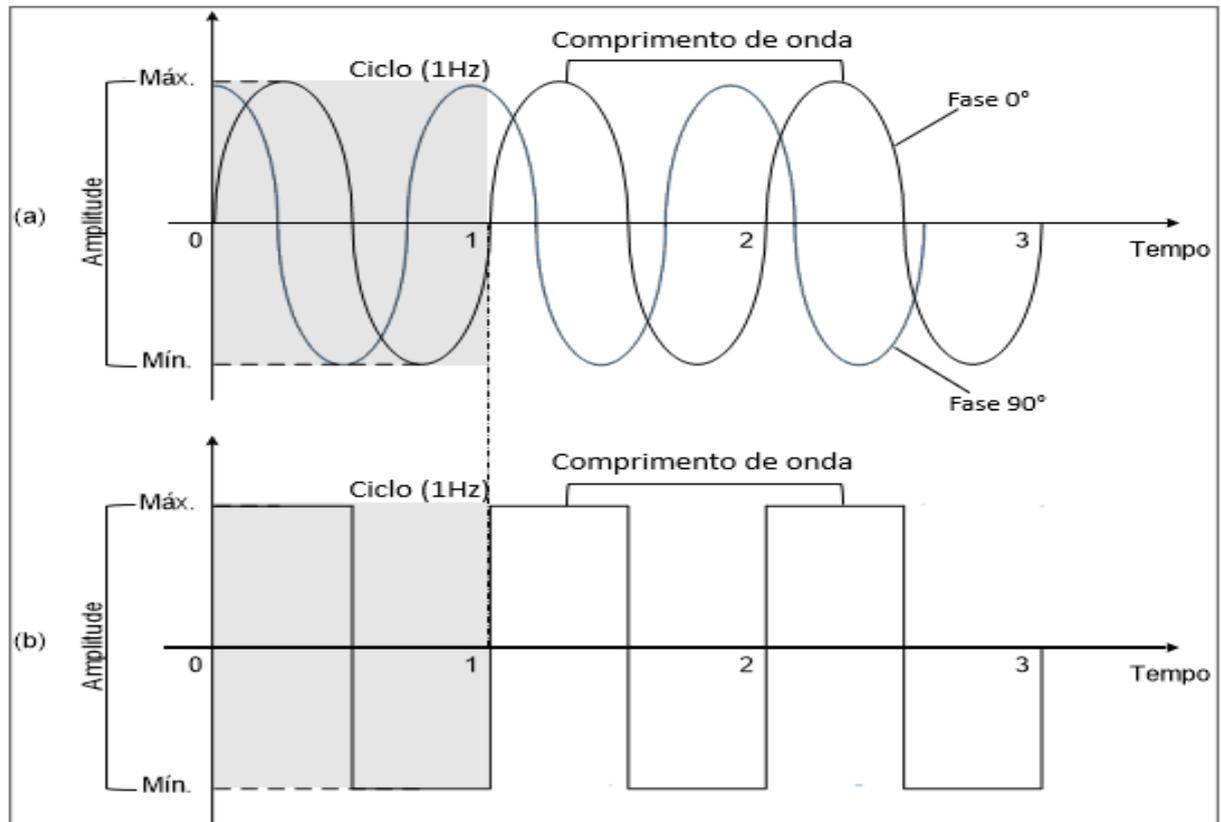
Conforme Maia (2009) existem dois tipos de sinais utilizados na rede HFC, o sinal analógico que assume infinitos valores em um período contínuo e os sinais digitais de que assume finitos valores (1 ou 0) em instantes de tempo. Tanto os sinais

digitais e analógicos consistem em 3 características que são amplitude, frequência e fase.

A Figura 5 representa dois tipos de sinais utilizados no meio de comunicação. A primeira parte da figura representa os sinais analógicos, indicado pela letra (a) e na segunda parte os sinais digitais que são representados pela letra (b).

Esses sinais exibem as seguintes características:

Figura 5 - Características de amplitude, frequências, fases dos sinais analógicos e digitais



Fonte: Adaptado de Maia, 2009

Amplitude está interligada com a potência, geralmente à medição é medida em Volts. Existe uma diferença de variação no tempo de amplitude dos sinais analógicos com os digitais, nos sinais enviados analógicos a amplitude varia de forma contínua atingindo o valor máximo e valor mínimo continuamente, enquanto nos sinais digitais é abrupto com a amplitude atingindo os valores mínimos e máximos depois de um intervalo de tempo entre eles.

A frequência é a quantidade de vezes que ocorre um ciclo na amplitude do sinal, um ciclo é formado quando a amplitude atinge o valor máximo depois atinge o valor mínimo retornando a zero, assim, são medidas as frequências em ciclos por

segundo, chamadas também de Hertz (Hz). A Figura 5 mostra um ciclo em que em que a cada segundo a frequência do sinal é de 1Hz e caso fosse apresentado um milhão de ciclos em um segundo a frequência do sinal seria 1MHz ou 1.000.000Hz. A rede HFC utiliza as frequências eletromagnéticas como um dos principais meios de transmissão, inicialmente os dados contendo informações é codificado em um sinal que é convertido em eletricidade e enviado até o receptor via cabeamento coaxial depois é realizada a decodificação desses dados. No espectro eletromagnético, que é a categorização de todos os tipos de frequências são divididas em: Rádio (3 kHz a 300 GHz), Micro-ondas ($3 \times 10^9\text{Hz}$ - $3 \times 10^{12}\text{Hz}$), Infra-vermelho ($3 \times 10^{12}\text{Hz}$ - $4.3 \times 10^{14}\text{Hz}$), Visível ($4.3 \times 10^{14}\text{Hz}$ - $7.5 \times 10^{14}\text{Hz}$), Ultravioleta ($7.5 \times 10^{14}\text{Hz}$ - $3 \times 10^{17}\text{Hz}$), Raios-X ($3 \times 10^{17}\text{Hz}$ - $3 \times 10^{19}\text{Hz}$), Raios Gama ($> 3 \times 10^{19}\text{Hz}$). A transmissão na rede HFC utiliza a frequência Rádio tendo características de baixa frequência e longo alcance, por se tratar do envio de sinal para todas as direções nas faixas de frequências de rádio são regulamentadas diferentemente por cada país. A fase será categorizada pelo ângulo e tempo que está ocorrendo um ciclo de sinal, por exemplo na figura 5, no modelo (a) os sinais analógicos estão formando um ciclo a cada 1 segundo atingindo o máximo e mínimo de amplitude perfeitamente, em outros casos de diferentes fases essa amplitude será diferente podendo atingir o máximo de potência no início ou fim do ciclo, sendo assim a fase pode ser definida como o transporte do sinal dentro do período.

E o último conceito é o comprimento da onda que é dado pela distância formada entre dois pontos do início e fim na mesma fase do sinal em dois ciclos repetidos, variando as frequências. Nos primórdios da rede coaxial era primariamente usado o envio de sinal somente do *headend* para os *cables modems*, com os avanços de novas tecnologias o *headend* precisou não só enviar, mas também receber sinais dos dispositivos, assim foi criado o canal de retorno ou *upstream* gerando uma rede bidirecional, como não é possível que esse sinal seja controlado, ocorre as interferências que afetam a transmissão das informações, e essas interferências são conhecidas como ruídos na rede. (CISCO, 2022). Diante o exposto, os níveis da rede telecomunicações segundo ETN (2019) e a CISCO (2022) podem ser definidos como:

Downstream, através desta portadora de sinais, o usuário consegue realizar o acesso de informações enviados pelo *headend*. Por exemplo, quando o usuário ouve a voz de alguém ao telefone, navega na Internet, faz o download de um filme ou assiste a um vídeo no YouTube, ele está utilizando o canal *downstream*. No canal

direto é utilizado o parâmetro de envio a faixa alta de 54 MHz à 1.000 MHz, ou de 104 MHz à 1.000 MHz, dependendo do projeto de rede.

Conhecido por **upstream**, realiza toda a comunicação da casa do usuário com o *headend*, ou seja, quando o usuário realiza ações, como falar ao telefone, enviar um e-mail, postar uma foto em redes sociais ou pesquisar um site. Essa comunicação é organizada logicamente no CMTS por células, onde a *upstream* realiza a transmissão dos dados por meio de placas que faz a divisão na rede, essas placas são denominadas como *cable up*. No canal de retorno é utilizado a faixa baixa de 5 MHz a 42 MHz, ou de 5 MHz à 85 MHz, dependendo do projeto de rede.

A largura de banda define o número máximo de frequências que podem ser sinalizadas em um canal de comunicação, sem que haja perdas expressivas na transmissão. A largura de banda é uma característica física do meio de transmissão e define a capacidade máxima de dados que um determinado canal pode transportar. Por exemplo, as linhas telefônicas convencionais suportam frequências entre 300 Hz e 3400 Hz. Nesse caso, a largura de banda do canal é a diferença entre o limite superior e o limite inferior, ou seja, 3100 Hz (MAIA, 2009).

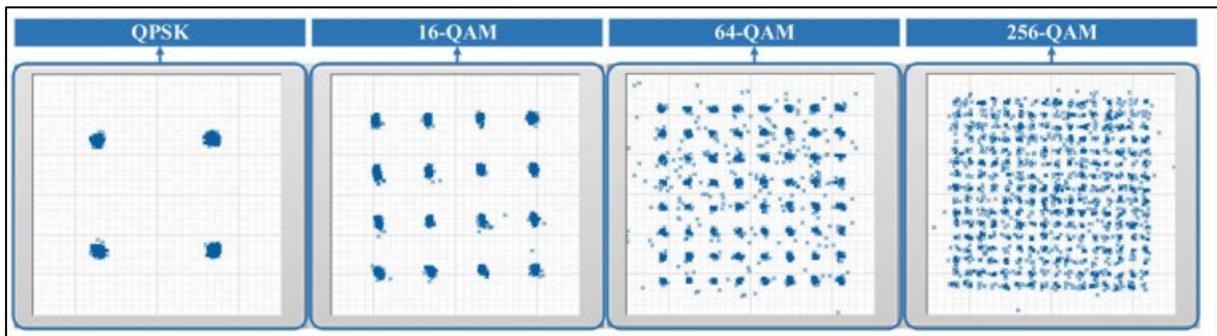
Para transmissão de TV é necessário a utilização de vários canais, sendo necessário uma portadora. Essa portadora será responsável por transportar as informações de vídeo, cor, áudio ou dados que serão transmitidas pelo *headend* até o cliente. A portadora transporta as informações por meio de dois tipos de transmissões por rádio frequência as analógicas e digitais. A portadora de sinal analógica tem por características trabalhar em um tamanho de 6MHz, capacidade de transmitir somente um canal por frequência e trafegar os sinais separadamente até seu destino, sendo divididas em três compartimentos de carga, chamados subportadoras: vídeo, cor e áudio. Já o sinal digital também possui tamanho de 6Hmz, mas é encaminhado de uma vez só na mesma frequência, suas amplitudes/níveis são achatados e não geram interferência de informações. Com isso, é possível ter mais de um canal no mesmo espaço, mantendo a qualidade do sinal para todos os usuários. Na portadora digital, só existe o sinal de informação, ou seja, só há um único compartimento de carga transportando a informação. Nela, essas informações trafegam na mesma portadora até seu destino que será interpretado pelo *cable modem*, que extrai a informação da portadora e a interpreta em vídeo, cor, áudio e dados, sendo assim com o sinal digital é possível obter mais opções de canais e qualidade no serviço, uma vantagem dos sistemas digitais é que a qualidade da

imagem é mantida até que se atinjam níveis críticos de ruptura, isto é, a imagem fica em macro blocos e depois desaparece.

A modulação é o processo de transmissão de dados que modifica a portadora para o envio de informações por sinais digitais e analógicos, utilizando as características de amplitude, frequências e fases. Existe diversos tipos de modulações utilizadas na rede HFC sendo a principal delas QAM (RIBEIRO, 2013).

Para Pereira *et al.* (2011) e Wise (2021) a modulação de amplitude em quadratura QAM (Quadrature Amplitude Modulation) geralmente é utilizada em TV digital e em outras transmissões de alta taxa de transferência de informação. Os parâmetros alterados são em duas portadoras: amplitude e fase. Essa combinação de características proporciona vantagens significativas, como a utilização de baixa largura de banda na modulação em amplitude e a imunidade ao ruído na modulação em fase, resultando em maior transmissão de *bits* por segundo e, conseqüentemente, altas velocidades de transmissão.

Figura 6 - Divisão modulação QAM



Fonte: Lu et al.¹ 2017

A modulação QAM é representado por uma forma de constelação conforme figura 6, os principais tipos de modulação QAM são QPSK, 16-QAM, 64-QAM e 256-QAM. Derivada da modulação QPSK, que utiliza características de *fase* e quadratura; uma representação lógica do sinal da onda portadora conforme mostrado na Figura 6. Na figura 6 - QPSK é formada por 4 pontos onde cada ponto é 2 bits valores de 1 e 0, sendo assim o número N de possibilidades de transmissão. Cada ponto são símbolos que é representa por *bits*, o número de *bits* depende de qual tipo de modulação está sendo usada. Por exemplo, a modulação por 16-QAM utiliza ao todo 16 símbolos, quatro em cada quadrante e 4 combinações de *bits* em cada símbolo,

¹ Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8039163>. Acesso em: 15 maio 2023.

gerando a possibilidade de 24 *bits* na transmissão. A cada aumento na capacidade de transmissão de *bits* e símbolos próximos maior será a fragilidade com ruídos, sendo necessário ter a melhor relação sinal-ruído sucessivamente.

A fim de avaliar o desempenho da rede de telecomunicação, é crucial compreender os níveis e parâmetros dos sinais utilizados, alguns dos quais estão diretamente relacionados à teoria da informação. Essa compreensão se torna essencial para essa finalidade.

O **TX** (Transmit Power) é o sinal de potência das transmissões que o *cable modem* envia para o *headend*, sendo assim possível o usuário realizar uploads. A análise será feita com base em cada MAC de *cable modem* e os níveis de TX devem estar entre 38dB até 51dB. Caso ocorra ruídos nessa portadora, a conexão terá problemas de envio de informações, gerando falhas em transmissão ao vivo, lentidão em enviar algum dado na rede, entre outros (CISCO, 2022).

O sinal **RX** (Receive Power) é o nível de potência enviado do *headend* para o *cable modem*, sendo categorizado por canal direto ou *downstream*. Quando ocorre ruídos de RX, o usuário tem problemas no recebimento de informação da Internet como por exemplo, lentidão em baixar arquivos, não sendo possível reprodução de vídeos ou acesso de páginas web. Seu nível ideal na rede é de 0dB, mas entre -12dB até 12dB está conforme parâmetros (CISCO, 2022).

Conforme definido por Maia (2009) Relação sinal-ruído abreviado como **SNR** do inglês (Signal-to-Noise Ratio), é a representação da relação de sinal e ruído expressada pela unidade de medida decibéis (dB), ou seja, todo ruído que está ingressando será comparado com a potência do sinal, definindo assim quanto maior essa distância entre sinal e ruído melhor será a transmissão dos dados de Internet. Essa relação é representada pela Figura 7:

Figura 7 – Representação de SNR



Fonte: Adaptado de CISCO¹ 2023.

O cálculo é realizado pela fórmula $10 \log_{10} \text{SNR}$, a potência do sinal é 1000 e a potência do ruído é 10, relação sinal-ruído em decibel (SNR_{dB}) será de 20 dB (MAIA, 2009). Esse cálculo é representado como:

$$\begin{aligned} \text{SNR}_{\text{dB}} &= 10 \log_{10} \text{SNR} \\ \text{SNR}_{\text{dB}} &= 10 * \log_{10} (1000/10) \\ \text{SNR}_{\text{dB}} &= 10 * \log_{10} 100 \\ \text{SNR}_{\text{dB}} &= 10 * \log_{10} 10^2 \\ \text{SNR}_{\text{dB}} &= 10 * 2 \\ \text{SNR}_{\text{dB}} &= 20 \text{ dB} \end{aligned}$$

O SNR é o principal parâmetro para análise de ruídos dos *cables modems* e *nodes* da rede, sendo muito utilizado para cálculos nos teoremas de Shannon. O nível ideal irá depender de cada projeto de rede, mas geralmente o usuário acessará a conexão normalmente se os níveis estiveram acima de 30dB, abaixo disso ocorrerá problemas, como perda de pacotes e latência, gerando lentidão na conexão. Com o uso de ferramentas especializadas em análise de monitoramento de rede, é possível atrelar o nível de sinal do SNR para identificação dos endereços que possuem os piores níveis detectados, tornando uma análise de monitoramento mais eficiente para encontrar o ponto comum que esteja ocasionando o ruído.

MER ou Modulation Error Ratio (em português, taxa de erro de modulação) é um parâmetro utilizado para verificar a qualidade nos sinais digitais modulados, que está relacionado ao nível de ruído e a potência do sinal da *downstream* sendo

¹ Disponível em: https://documentation.meraki.com/MR/Wi-Fi_Basics_and_Best_Practices/Signal-to-Noise_Ratio_%28SNR%29_and_Wireless_Signal_Strength. Acesso em: 15 maio 2023.

semelhante, mas não igual a relação sinal-ruído.

O cálculo é medido pela seguinte formula:

$$MER (dB) = 10 * \log \left(\frac{\sum_i |(I_n + jQ_n)|^2}{\sum_N |(I_n + jQ_n) - (\tilde{I}_n + j\tilde{Q}_n)|^2} \right)$$

Onde:

$I_n + jQ_n$ é o vetor que representa o símbolo sendo medido no índice n

$\tilde{I}_n + j\tilde{Q}_n$ é o vetor ideal próximo ao símbolo real sendo medido

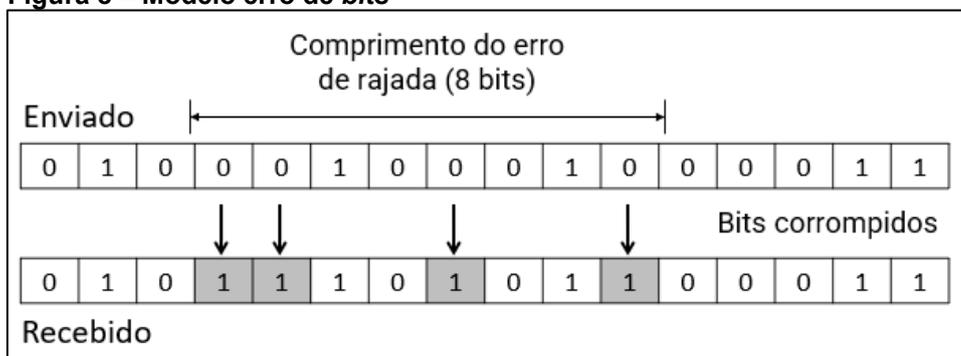
N é o número de símbolos

Esse é o cálculo utilizado para medição de MER e detectar quais são os fatores para o ingresso de ruído, geralmente é recomendável estar entre 36dB e 45dB, mas depende do tipo de modulação QAM usada, fora desses parâmetros o usuário terá problemas geralmente associados à televisão com imagens quadriculadas e falha no áudio. Ocorrendo a queda de sinal do MER é gerado um aumento na taxa de erro de *bit* (NI, 2021).

O sinal **BER** do inglês *Bit error rate* (erro de *bit*) é utilizado para mensurar a quantidade de erros na transmissão do sinal. O erro de *bit* é a referência de qualidade para a portadora digital, sendo calculada com base na quantidade de *bits* errados sobre o total de *bits* transmitidos, sendo assim quanto menor foi o BER melhor será a transmissão dos dados (ETN, 2019).

A figura 8 representa os *bits* enviados e recebidos, nota-se que os recebidos estão com os *bits* corrompidos, difere com os dados originais.

Figura 8 – Modelo erro de *bits*



Fonte: Próprio Autor

Utiliza-se a fórmula $BER = (\text{n}^\circ \text{ de bits errados}) / (\text{n}^\circ \text{ de bits transmitidos})$, na figura o número de erros de *bits* (os bits em cinza) é, neste caso, 4. O BER é de 4 *bits* incorretos divididos por 16 bits transferidos, resultando em um BER de 0,25 ou 25%. Existe algumas técnicas para reduzir a quantidade de erros, aumentar o nível de potência da transmissão gerando menos atenuação na rede, adequação na modulação utilizada alterando de preferência para amplitudes mais baixas e reduzir a largura de banda para a capacidade máxima aceitável na transmissão utilizando os teoremas de Shannon (BRISCOM, [s.d.]).

Correção adiantada de erros ou **FEC** (Forward Error Correction), é uma técnica usada contendo vários modelos de códigos que realiza a correção de dados que foram desviados por meios de ruídos na rede, recuperando os dados originais a partir da detecção, por ferramentas de gerenciamento será informada através de porcentagem o parâmetro aceitável sendo o ideal abaixo de 90%. Está relacionado com o parâmetro de BER, onde é utilizado para correção de perda dos pacotes (ETN, 2019).

A **FECNC** (FEC não corrigível) são os *bits* com erros que a FEC não conseguiu corrigir, é geralmente demonstrada como porcentagem. Demonstrando quando a correção da FEC não funciona, é possível identificar quais os pacotes que não estão sendo tratados, desempenhando um papel de aviso quando existe um ruído mais forte na rede, onde pode estar sendo gerado tanto no *headend* quanto na rede HFC. Este tipo de FEC na maioria das vezes ocasiona queda de *cables modems*. Sendo causado por elemento ativo ou passivo (TCHEE, 2013) reafirmado por (CISCO, 2005).

4.2 TIPOS DE RUÍDOS NA REDE

Existem vários fatores que podem causar interferências na comunicação de dados, resultando em diferentes tipos de ruído na rede. A fonte geradora do ruído pode estar presente no meio físico ou lógico no processo de comunicação. Portanto, é necessário apresentar alguns dos principais tipos de ruídos que podem ocorrer na rede HFC.

4.2.1 CABEAMENTO DANIFICADO

Os cabos coaxiais são um dos principais geradores de ruído na rede HFC, como estão todos interligados no mesmo ponto, cabos coaxiais danificados podem levar a problemas na carga elétrica e gerar o ruído eletromagnético de maneira que

altera as frequências das informações contidas nos sinais da rede que altera os dados finais das informações. Para a tratativa desse problema é necessário um técnico de rede a campo para realizar a troca do cabo até o ponto comum onde está ocorrendo o ingresso de ruído. A minimização do ruído pode ser feito através dos códigos de correção de erros.

No cabeamento óptico não ocorre a interferência eletromagnética nas frequências, pois sua transmissão é feita por feixes de luzes, mas existe ruído na fibra óptica quando o cabo está danificado por conta de poeira, cabo torcido e a deterioração sendo causada pela atenuação da potência ruim do sinal (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995, p. 97). Esse ruído irá influenciar tanto nos níveis da fibra óptica quanto nos níveis de rádio frequência gerando problemas nos parâmetros de sinais no *node*, o tratamento requer mais cuidado do que o coaxial, em certas tratativas sendo necessário a fusão de fibra óptica danificada e nos casos de degradação é necessária atenuação adequada dos níveis de sinais.

4.2.2 AMPLITUDE DA MODULAÇÃO

Ruídos que são causados pela variação na amplitude, frequência ou fase do sinal na modulação QAM.

Figura 9 – Sinais SNR pela modulação QAM

MODULAÇÃO	RELAÇÃO SINAL RUÍDO- SNR							
QPSK	11	13	15	16	17	18	19	20
16-QAM	18	20	22	23	24	25	26	27
64-QAM	25	27	28	29	30	31	32	33
256-QAM	31	33	35	36	37	38	39	40
	CRÍTICO		BOM			ÓTIMO		

Fonte: ETN, 2019.

Conforme mostra a Figura 9, a modulação QAM é formada por QPSK, 16-QAM, 64-QAM e 256-QAM, o formato 16-QAM é o que menos transmite dados com isso é o que menos tem ruído interferindo, já a 256-QAM transmite a maior capacidade gerando mais fragilidade com o ruído. Para a corretiva do ruído é necessário realizar a troca de modulação, onde o formato será alterado melhorando a relação sinal-ruído. A transmissões são realizadas geralmente em 64-QAM, para o melhor equilíbrio do ruído (PEREIRA, 2011; ETN, 2019).

4.2.3 RUÍDO IMPULSIVO

Ruído impulsivos são aqueles que ocorre devido a impulsos elétricos de curta duração, como descargas elétricas, que podem interferir na transmissão de informações. São causados por equipamentos elétricos como micro-ondas, lâmpadas ou ativos na rede, por isso é um tipo de ruído imprevisível sendo possível identificar nos espectros de ruído que medem os sinais da rede exibindo-os na forma de um gráfico, pois sua principal característica visual são os picos gerados no gráfico, a figura 3 é um exemplo de espectro de ruído. O autor Silveira (2012) define como “impulsos elétricos não prognosticáveis, que suplantam a amplitude do sinal de informação”. Sendo assim, o ruído impulsivo pode causar considerável interferências no meio de comunicação e isso pode resultar em erros nas informações, devido aos dados terem sido corrompidos ou distorcidos (RAZOUK, 2018). A Figura 8 é um exemplo de ruído impulsivo, onde é perdido *bits*.

4.2.4 RUÍDO DE CROSSTALK

Ruído de Crosstalk ou diafonia, é a interferência que um canal pode causar ao outro durante a transmissão de sinais, gerando curto-circuito dentro do cabeamento. Causados geralmente por cabeamento próximos com pouca proteção e instalados de maneira fora de adequação para os padrões da rede, podendo ser prevenido através de proteções e instalações mais adequadas do cabeamento (FIGUEREDO, 2016).

4.2.5 SEM SINAL

Problemas relacionados à política de sinal (sem sinal), são aqueles que os *cables modems* ficam totalmente *offline*, ou seja, sem Internet. Diversos fatores podem causar a falta de sinal, entre elas, as mais comuns são cabos rompidos, nodes ou passivos queimados na rede e falta de energia na região. Algo que também pode ocasionar o sem sinal, é um ruído muito alto, mesmo com as ferramentas de correção a conexão só restabelecerá com a tratativa do ruído fisicamente.

5 ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE REDE EXTERNA

Os ruídos e interferências são causados por ofensores externos ou internos no canal de comunicação, esses ofensores podem afetar qualquer camada da rede e geram um efeito negativo na transmissão e processamento dos dados. Os ofensores em uma rede são as fontes geradoras de interferências que danificam a qualidade do sinal e geram o ingresso de ruído na conexão. Segundo Medeiros (2016, p. 88) “O ruído se origina da agitação térmica dos elétrons na matéria. São encontrados na natureza diversas fontes de ruído”. As fontes externas e internas do processo de comunicação, denominados como os ofensores, são considerados equipamentos ou dispositivos como cabos, ativos ou passivos maus conectados da rede externa de uma infraestrutura de telecomunicação, tempestades ou qualquer outro fator. A questão é que o ruído pode estar presente de várias formas nos sistemas de comunicação.

Dado ao fato que ruídos na rede de telecomunicação são fonte de vulnerabilidade e comprometem o desempenho de uma comunicação e conseqüentemente da informação. É necessário uma análise desse efeito para a correção do problema. Para tanto, a análise e monitoramento da rede, é atividade essencial para identificação de falhas e correção dos problemas. Uma vez que o ruído é identificado, pode-se tomar ações corretivas ou preventivas.

O gerenciamento de rede consiste em monitorar e analisar a rede e seus ativos, a fim de tomar ações corretivas e preventivas para manter o funcionamento do serviço. Para Kurose e Ross (2009, p.556):

Gerenciamento de rede inclui a disponibilização, a integração e a coordenação de elementos de hardware, software e humanos, para monitorar, testar, consultar, configurar, analisar, avaliar e controlar os recursos da rede, e de elementos, para satisfazer às exigências operacionais, de desempenho e de qualidade de serviço em tempo real a um custo razoável.

Para Sousa (2017) (p, 10) “A função do gerenciamento de redes é monitorar os equipamentos e meios de comunicação das redes para detectar e corrigir problemas.” O autor alega ainda que “Um sistema de gerência de redes é composto de hardware e softwares que, integrados fazem o monitoramento e o controle da rede.” Em uma rede de telecomunicação, esse monitoramento é realizado através dos componentes de rede e dos parâmetros de sinais. Com o gerenciamento de rede identificamos falhas na rede externa, essa identificação acontece em três etapas. Na primeira etapa ocorre o recebimento dos dados da rede através do uso de *software* que monitora os dispositivos da rede. Por meio desses dados é possível identificar o ingresso de ruído,

e analisar de forma qualitativa o efeito que esse problema está causando na rede.

A segunda etapa é o processo analítico. Esse processo consiste em analisar os dados recebidos e identificar qual a falha existente, ou seja, transformar os dados recebidos em uma informação. No caso em que a recepção dos dados indica que os *cables modems* estão *offline*, sem receber sinal, isso é caracterizado como uma queda de sinal. Por outro lado, se os *modems* estão *online*, recebendo sinal, mas com os níveis de rede alterados, isso é considerado uma degradação de sinal. Os possíveis ofensores podem ser identificados nesse processo, a partir dos níveis e frequências que estão mais alterados em relação aos níveis normais.

Por fim, na terceira etapa é onde a ação corretiva e preventiva é feita para a correção da falha, ela acontece com o acionamento de técnicos de rede para tratativa do ingresso de ruído. Essa correção ocorre com a identificação do ofensor, quando a fonte geradora do ruído é identificada é feita a correção da falha na rede de telecomunicação.

5.1 FERRAMENTAS DE ANÁLISE

Para realizar o gerenciamento da rede externa, é necessário a utilização de *softwares* (ferramentas) capazes de coletar dados sobre a infraestrutura da rede. Atualmente existem diversas ferramentas capazes de extrair dados em tempo real dos ativos de rede. Este trabalho tem como objetivo usar a ferramenta XPERtrak para análise e monitoramento do ingresso de ruído, a fim de tomar medidas preventivas e corretivas para a resolução do problema. Visto que os sinais analisados são a base para identificação das vulnerabilidades, no caso o ingresso de ruído.

Ferramentas de análise são *softwares* de monitoramento feito para acompanhar o desempenho e qualidade de uma rede, sistemas ou serviços, para que a segurança, integridade e disponibilidade sejam garantidas durante o processo do segmento monitorado.

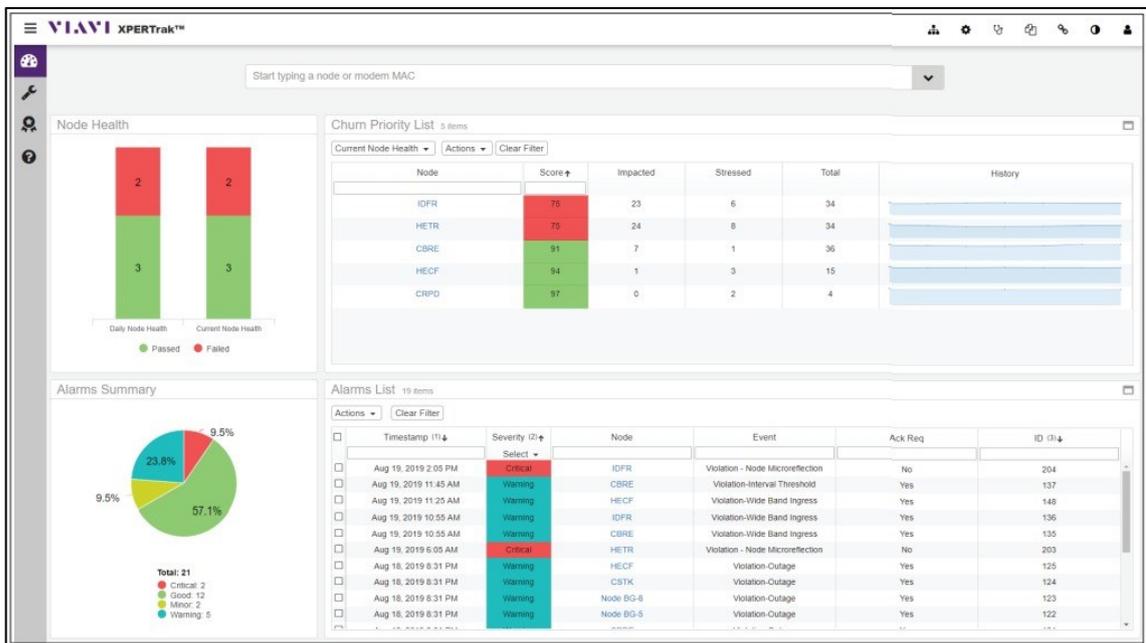
A qualidade de uma rede de comunicação é medida por meio de métricas que verifica se os requisitos estabelecidos estão em conformidade. De acordo com Medeiros (2016) “As comunicações devem ser desenvolvidas com sinais de informação de elevado grau de qualidade, para satisfazer as expectativas dos usuários nos diferentes tipos de serviços oferecidos”

O XPERtrak é uma das principais ferramentas utilizadas para a monitoração dos equipamentos na rede HFC. O software é baseado para web sendo desenvolvido

pela empresa Viavi Solutions, utilizando o DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) como o principal sistema na análise. Através dele é possível identificar falhas na rede, antecipando ações preventivas de manutenção, evitando assim, reclamações dos usuários, devido a perda de desempenho.

No XPERtrak, a categorização dos alarmes é feita pelas células em seus respectivos *nodes*, conforme imagem apresentada na Figura 10.

Figura 10 – Panorama de todos os nodes da rede



Fonte: Viavisolutions¹ 2023.

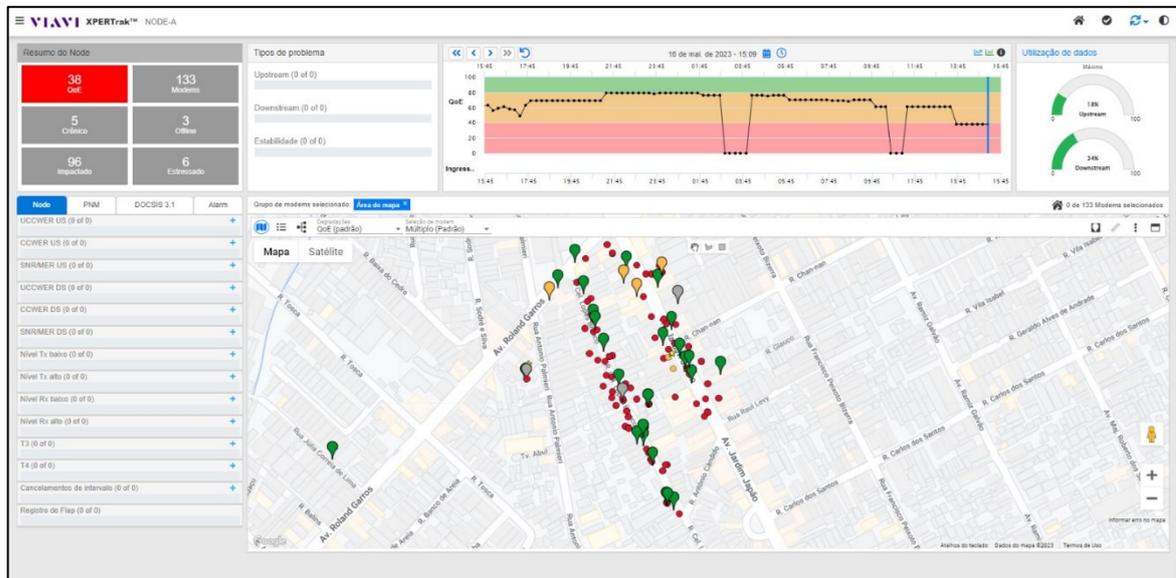
O XPERtrak identifica dois tipos de alarmes, degradação e sem sinal. O *node* (ativo da rede) ou trecho de ativos que pertence ao transceptor óptico pode sofrer quedas por vários motivos, os principais deles: falta de energia na região onde o node está instalado queimando o node e os ativos/passivos na rede, isso ocorre de um dispositivo de alto custo podendo haver vários furtos, ou caminhões altos danificando os cabos coaxiais que alimentam a rede.

No caso de ruído ingressando na rede a ferramenta identifica quais usuários estão sendo mais afetados e a partir do seu endereço é possível traçar uma rota de atuação no local, o que torna a análise mais completa para identificação do ofensor da rede.

¹ Disponível em: <https://www.viavisolutions.com/pt-br/literature/xpertrak-pt-folhetos-pt.pdf> Acesso em 10 mar. 2023

A fonte geradora do ruído na rede é denominada de "ofensor", podendo ser qualquer elemento ativo ou passivo presente nas redes. (cabo coaxial, transceptor óptico, amplificador, equipamento eletrodomésticos).

Figura 11 - Mapa da região do node



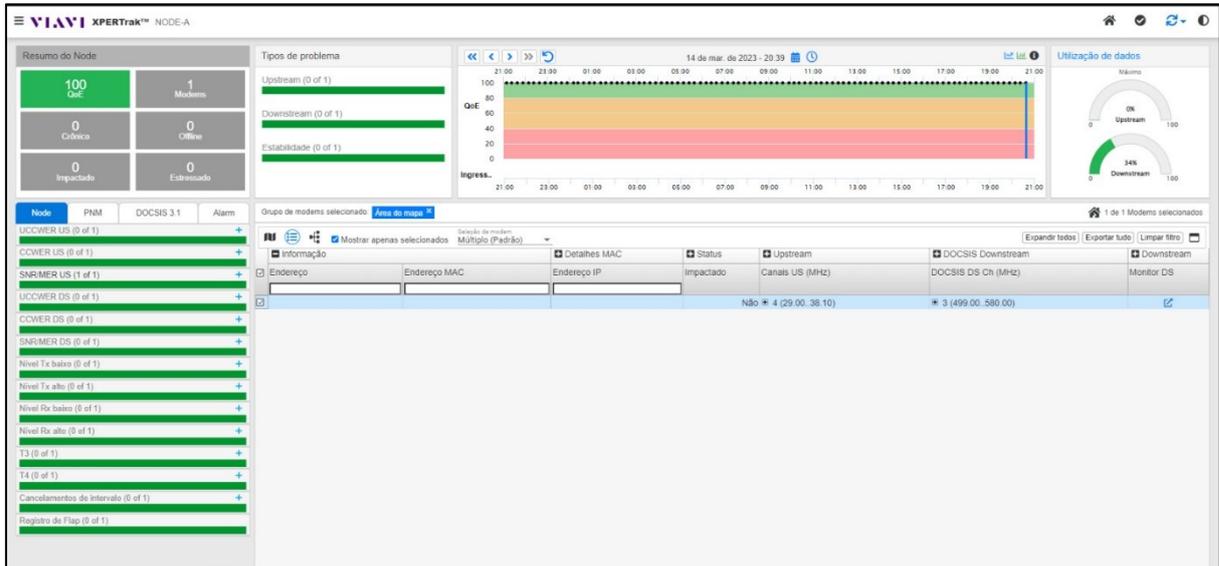
Fonte: VIAVISOLUTIONS¹ 2019.

A tela inicial da ferramenta de análise mostra primeiramente o campo de pesquisa e gráficos de alarmes nos nodes.

Na parte superior da Figura 11 é apresentada (gráfico com fundo verde, amarelo e rosa) a disponibilidade de visualizar o histórico do desempenho da rede, no qual verifica-se dia, horário e período que o problema iniciou ou quando foi sanado. Esses dados facilitam na análise para identificação de intermitências do ruído no sistema de comunicação. Os pontos em cinza são os *cables modems* que estão *offline* sem funcionamento nenhum na rede, em verde os que estão online com os níveis dentro dos parâmetros, os pontos amarelos são os que podem ficar degradados futuramente, estando no limite possível e por fim em vermelho, são aqueles que estão com o sinal degradados. Em pesquisa é possível procurar por *nodes*, MAC e ID do cliente entre outras funcionalidades.

¹ Disponível em: <https://www.viavisolutions.com/pt-br/literature/xpertrak-pt-folhetos-pt.pdf> Acesso em 10 mar. 2023

Figura 12 – Layout dos níveis do Node



Fonte: Próprio Autor baseado na ferramenta XPERtrak

Na Figura 12 os parâmetros mostrados são do NODE A -1.

A: representa o *node* (nó óptico da rede, que abrange um bairro geralmente)

1: Sua célula (retorno que alimenta um quarteirão de casas)

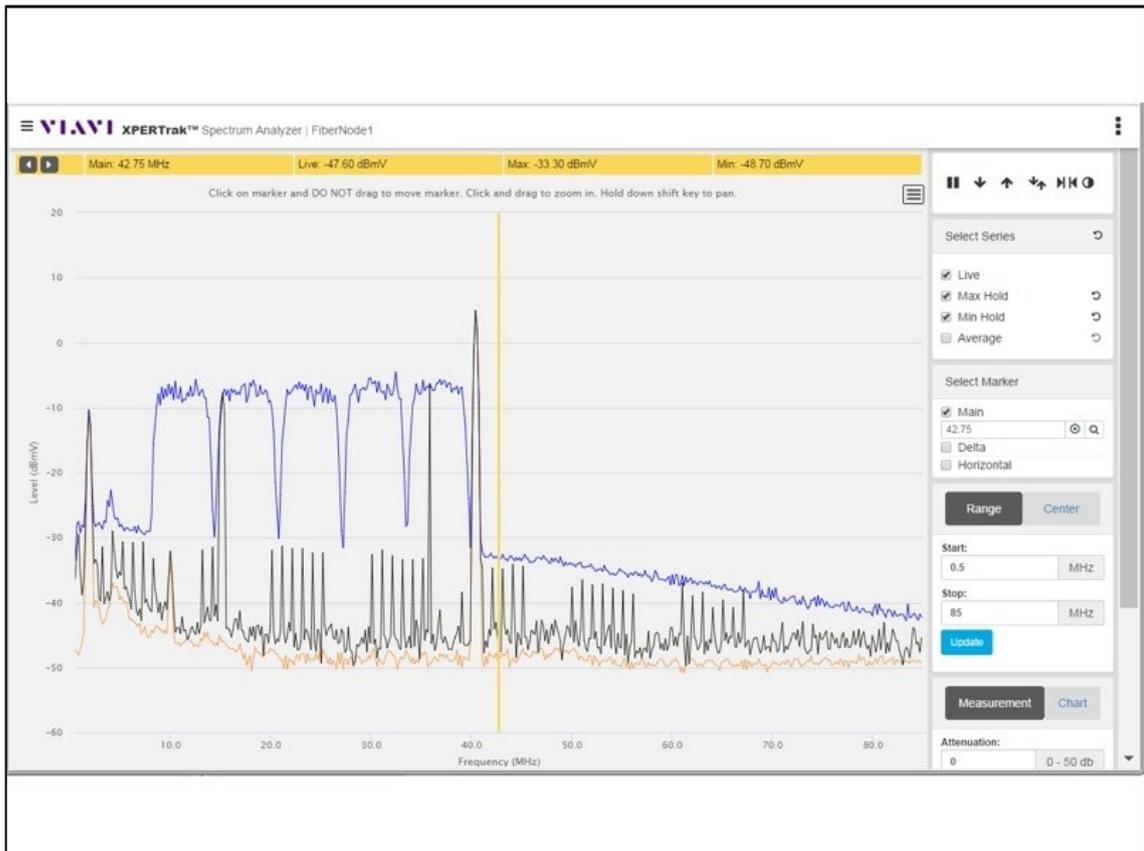
É possível visualizar todos os clientes que estão conectados no *node* e a média dos níveis de sinais.

A coluna *upstream* refere-se aos níveis do retorno, ou seja, são os parâmetros de sinais do receptor que são enviados para a rede. No canal de retorno, é informado as frequências dos níveis analisados para identificação do problema, são a relação sinal-ruído na *upstream* e TX, sendo assim, quando estão fora da métricas corretas para o funcionamento, é detectado o ingresso de ruído que prejudica o processo da transmissão dos dados.

Por outro lado, na coluna DOCSIS *downstream* refere-se aos níveis do direto, ou seja, são os sinais recebidos do *headend*. No momento em que esses parâmetros são alterados, a transmissão dos dados perde a qualidade e seu desempenho é comprometido. Os níveis que podem ser identificados na ferramenta são os relacionados ao SNR, MER e RX, caso um dos parâmetros apresente problemas, a ferramenta XPERtrak consegue realizar a distinção de qual nível específico não está adequado no processo de comunicação.

A ferramenta também apresenta em forma de porcentagem quais os níveis que estão sofrendo ruído e na esquerda da figura, são informados quantos MACs estão sendo afetados ou *offline*, assim o analista tem melhor amostragem do problema relacionado no *node*.

Figura 13 - Espectro dos ruídos com ingresso de ruído



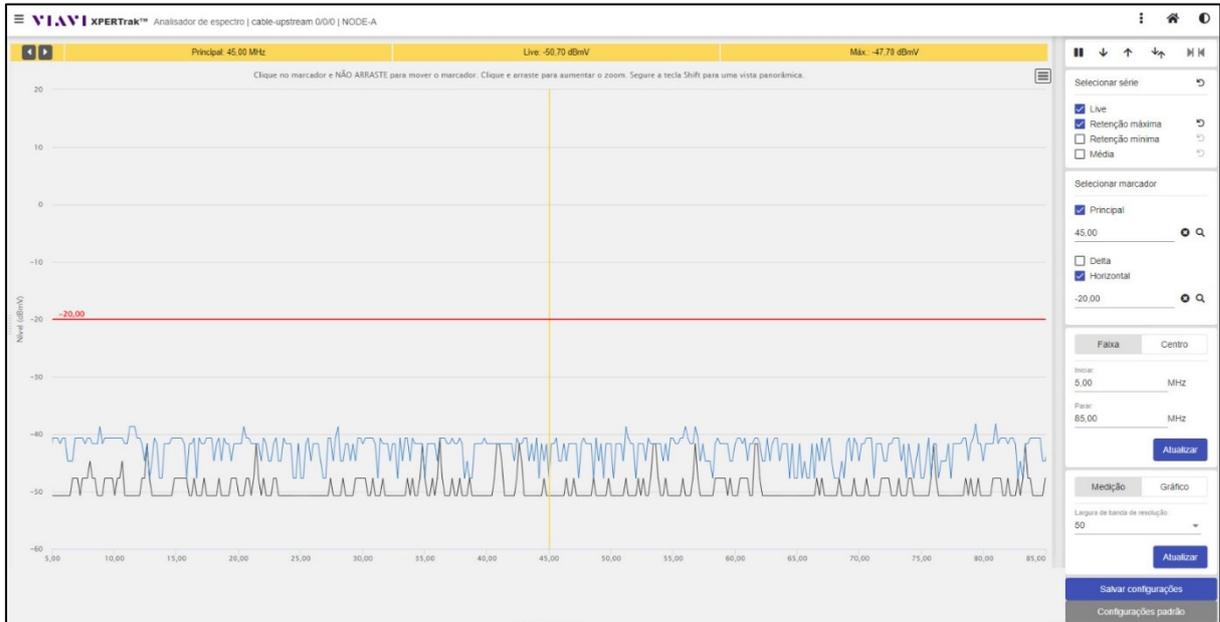
Fonte: Norming Engineering¹ 2019.

A Figura 13 representa as frequências que os sinais são transmitidos, esse processo é denominado como espectro de frequência. Segundo Medeiros (2016) o espectro “Deve ser entendido como um segmento do espectro de frequências ocupado pela onda eletromagnética de um equipamento emissor. A onda de rádio se propaga no espaço livre, transportando os sinais elétricos da informação” a figura apresentada mostra simultaneamente o ingresso de ruídos nas frequências através do espectro, na parte horizontal da Figura 13 identifica-se as frequências (MHz) que as informações estão sendo transportadas e na parte vertical estão os níveis em dBmV (decibel *milivolt*). O ruído é identificado nas portadoras, quando os dados

¹ Disponível em: <https://www.normann-engineering.com/en/products/989/viavi-xpertrak/> Acesso em 10 mar. 2023.

deixam de seguir os níveis corretos na frequência digital, conforme mostra a imagem, quando o desenho do espectro cai, entende-se que as informações não estão sendo transportadas nos níveis corretos para o seu funcionamento.

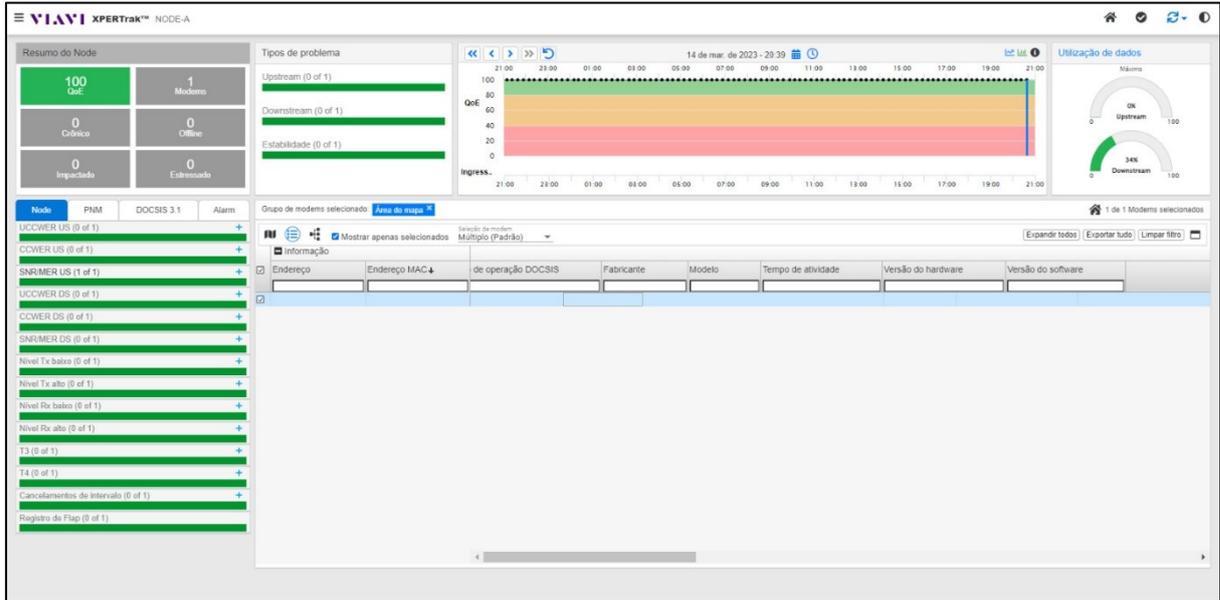
Figura 14 - Espectro dos ruídos sem ingresso de ruído



Fonte: Próprio Autor baseado na ferramenta XPERtrak

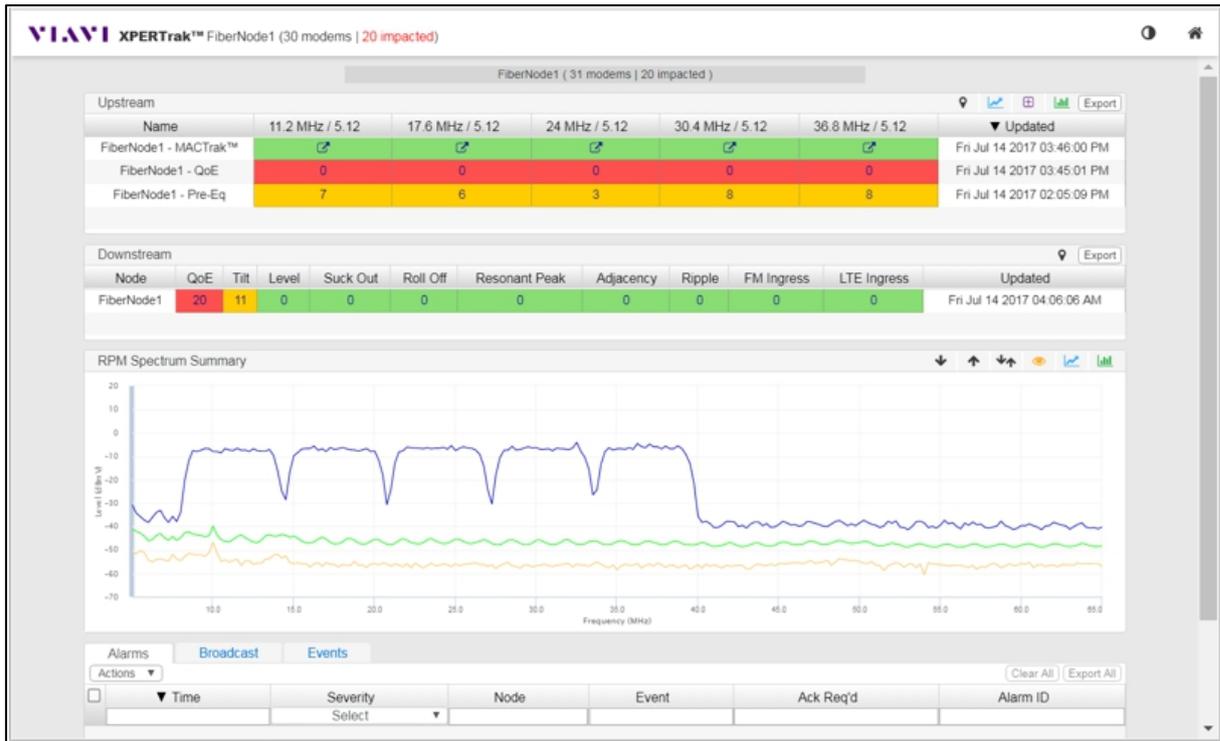
A Figura 14 mostra em quais frequências as portadoras transportam os dados de vídeo, cor e áudio. Esses dados são codificados no modem do cliente, na figura apresentada não existe ingresso de ruído na rede, sendo assim, é estabelecido um transporte limpo e sem interferências no processo de comunicação.

Figura 15 - Análise dos MACs



Fonte: Próprio Autor baseado na ferramenta XPERtrak

Figura 16 - Níveis específicos do MAC



Fonte: Norming Engineering¹

¹ Disponível em: <https://www.normann-engineering.com/en/products/989/viavi-xpertrak/> Acesso em 10 mar. 2023.

As Figuras 15 e 16 apresentam a guia da ferramenta XPERtrak que identifica o numeral do equipamento do usuário, ou seja, o endereço do *cable modem*, essa identificação é nomeada como MAC (Media Access Control) que permite uma análise por meio de um endereço específico, isso significa que todas as informações atreladas ao MAC poderão ser visualizadas, sendo possível também realizar uma análise pelo espectro visando identificar o ingresso de ruído especificamente do *cable modem*. Conforme a figura, é possível verificar o tipo de DOCSIS utilizado, fabricante do MAC, tempo de atividade, versão do hardware, versão do software entre outros.

Visando o uso da ferramenta para ações preventivas e corretivas e com o objetivo de identificar as vulnerabilidades no processo de transmissão de dados. As informações obtidas com o monitoramento da rede com o uso da ferramenta XPERtrak, permite a identificação do ingresso de ruído de forma completa, o que torna a resolução do problema mais rápida e precisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de transmissão de dados, esta suscetível a inúmeras interferências, que afetam a qualidade do sinal e conseqüentemente torna o sistema de comunicação vulnerável. À vista disso, é importante que os sistemas de comunicação usem técnicas e meios para correção do problema, pois, o não tratamento dos dados e a não identificação das falhas podem afetar a segurança da informação.

A teoria da informação apresenta teoremas no tratamento de dados que possibilitou a compreensão do efeito do ruído no processo de comunicação. Na rede HFC o ingresso de ruído pode ser mitigado por meio desse estudo, pois, através do uso de técnicas e algoritmos matemáticos que mostram que os erros gerados nos dados durante a transmissão do sinal, podem ser detectados e corrigidos para mitigação do impacto causado por esse problema. Assim sendo, sua relação com a rede HFC é importante para garantir uma rede mais precisa e confiável.

O monitoramento da rede HFC possibilita uma análise completa com uso de ferramentas específicas que permitem a identificação do ingresso do ruído, os níveis coletados da rede e se o sinal está em conformidade para funcionamento. Além disso, identifica a possível fonte geradora do ruído, permitindo que ações corretivas e preventivas sejam tomadas. Com essa análise é possível compreender a importância de realizar um controle sobre os sinais transmitidos na rede, pois a perda do desempenho na rede é uma fonte de vulnerabilidade que pode afetar a segurança da informação. Nesse sentido, o monitoramento auxilia no tratamento do ruído para mitigação das vulnerabilidades que esse problema pode ocasionar.

Conclui-se assim, que existem técnicas e tecnologias que auxiliam no tratamento de dados durante a transmissão do sinal na rede HFC, sendo de extrema importância para mitigação de vulnerabilidades no processo de comunicação, no entanto os ruídos podem surgir de diversas fontes, não sendo possível controlá-lo complementarmente. Apesar disso, o ruído é uma fonte de vulnerabilidade e é necessário o uso de técnicas e monitoramento da rede para proteção dos dados durante a transmissão do sinal.

REFERÊNCIAS

ABNT. ABNT NBR ISO/IEC 17799. **Tecnologia da informação - código de prática para a gestão da segurança da informação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT. ABNT NBR ISO/IEC 27001. **Tecnologia da informação — Técnicas de segurança — Sistemas de gestão de segurança da informação — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT. ABNT NBR ISO/IEC 27002. **Tecnologia da informação — Técnicas de segurança — Sistemas de gestão de segurança da informação — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT. 2005.

ADIL. Josué. **Segurança da informação: o que é e qual sua importância**. 2019. Disponível em: <https://acaditi.com.br/seguranca-da-informacao-o-que-e-e-qual-sua-importancia/>. Acesso em: 6 mar. 2023.

ASIMOV. Isaac. **Asimov explica**. 2. ed. Rio de Janeiro. Franciso Alves Editora S.A. 1982.

BRISKCOM, **Entenda o que é BER (taxa de erro de bits)**. [s.d]. Disponível em: <https://www.briskcom.com.br/blog/o-que-e-taxa-de-erro-de-bits/>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

CALDEIRA. Amir O. **Introdução à informação quântica**. 2012. Disponível em: https://sites.ifi.unicamp.br/veraoifgw/files/2012/12/infoquant_Amir.pdf). Acesso em: 24 abr. 2023.

CAMPOS, André.; COSTA, Romualdo. **Análise de infraestrutura HFC e GPON: vantagens e desvantagens na distribuição de serviços integrados**. 2019. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/cesi/article/download/1692/1234>. Acesso em 29 de maio 2023.

CISCO. **Entender os níveis de transmissão e recepção em modems**. 2022. Disponível em: https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/dial-access/asynchronous-connections/15380-trans-rec-15380.html. Acesso em: 02 Mai 2023.

CISCO. **Erros de FEC de upstream e SNR como meios para garantir a atualidade de dados e o ritmo de transferência**. 2005. Disponível em: https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/broadband-cable/radio-frequency-hybrid-fiber-coaxial-hfc/49780-return-path-monitor.html#correctable. Acesso em: 28 de Abr 2023.

FERNANDES. Gilberto; LIMA Alex; CACONDE Ruy. **Capacitação Inicial Cop Rede. Treinamento técnico**. MSO 2019.

FIGUEIREDO. Ênio. **Diafonia (ou crosstalk)**: descubra o que é e como reduzir as interferências nos cabos. 2016. Disponível em: <https://redestecnologia.com.br/diafonia-crosstalk/> . Acesso em 10 maio 2023.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W, **Rede de computadores e a Internet**: uma abordagem top-down. 5 ed. São Paulo: Pearson. 2009.

LEON. Celso R. L. **Análise da confiabilidade da transmissão de sinal de banda larga de uma empresa de telecomunicações**.2014. Disponível em: https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riiu/669/1/Celso_Ricardo_de_Leão_Leon_TCC2%20%28Finalizado%29.pdf. Acesso em 15 abr. 2023.

MAIA, L. P. **Arquitetura de redes de computadores**. Rio de Janeiro: LTC. 2009.

MASCARENHAS NETO. Pedro T. M; ARAUJO, Wagner J. **Segurança da informação**: uma visão sistêmica para implantação em organizações. João Pessoa UFPB. 2019. Disponível em: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/download/209/75/905-1?inline=1>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MEDEIROS, Julio Cesar de O. **Princípios de telecomunicações**: teoria e prática. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

MENDES, D. R. **Rede de computadores**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Novatec. 2007

MENDES. Ricardo R.; OLIVEIRA Rômulo R. L.; COSTA Anderson F. B. F.; GOMES Reinaldo. Uma metodologia para implantação de um sistema de gestão de segurança da informação (SGSI) baseado nas normas ABNT NBR ISO/IEC 27001 e 27002. **Revista Principia**. João Pessoa. Junho 2013.

MIOZZO. J. **Segurança no Pix**: entenda as camadas de proteção do novo meio de pagamentos. 2020. Disponível em: <https://blog.nubank.com.br/seguranca-pix-camadas-de-protecao/>. Acesso em 25 abr. 2023.

MKSOLUTIONS. **O que é um headend e por que você precisa saber sobre isso?** Disponível em: <https://www.mksolutions.com.br/2021/04/13/headend/>. 2021 Acesso em 15 maio 2023.

NI. **Modulation error ratio**. National Instruments 2021. Disponível em:https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/rfmx-demod/page/rfmxdemod/ddem_measurements_mer.html. Acesso em 16 abr. 2023

OLIVEIRA, Paulo Henrique Baptista, **ISO 27002**: O que é? E como certificar? Disponível em: <https://www.untanglebrasil.com.br/iso-27002-o-que-e-e-como-certificar/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

PEREIRA. Alexandre C; SILVA L. R; MARTINS L. R; CAETANO L. S; MORAES R. G; **Tecnologia PLC I**: alternativa para o plano nacional de banda larga. 2011.

Disponível em <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialplcalt1/default.asp>. Acesso em: 15 de abr. 2023.

PINHEIRO, Cesar. **Ruído & redundância na “entropia (quântica) da informação**. mar. 2012. Disponível em: <https://questcosmic.wordpress.com/2012/03/05/ruido-redundancia-na-entropia-da-informacao/> Acesso em: 10 maio 2023.

RAZOUK, Rodolpho. **Ingresso de ruído no espectro de retorno em uma rede HFC**. Ponta Grossa: Unopar. 2018. Disponível em: https://repositorio.pgskroton.com/bitstream/123456789/22686/1/Rodolpho_Hanna_Razouk_Atividade4.pdf. Acesso em: 01 maio 2023.

RIBEIRO, F. T. S. **Wimax**: estudo e simulação da camada física do padrão IEEE 802.16d.2013. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwimaxiee802/default.asp>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**. Vol. 27. 1948. Disponível em: <https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>. Acesso em: 12 de mar. 2023.

SHANNON, C. E. A symbolic analysis of relay and switching circuits. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers**, vol. 57. 1938. pp. 713–723. Disponível em: <https://www.cs.virginia.edu/~evans/greatworks/shannon38.pdf>. Acesso em 12 mar. 2023.

SILVEIRA, Jorge L. **Comunicação de dados e sistema de teleprocessamento**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

SILVA, Jean. **Estudos da entropia de Shannon em buscas aleatórias unidimensionais**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/33768/1/DISSERTAÇÃO%20Jean%20Ricardo%20Calaço%20da%20Silva.pdf> . Acesso em: 29 abr. 2023.

SOARES, Luiz Fernando; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. **Redes de computadores das LANS MANS e WANS as redes ATM**. Rio de Janeiro: Campos, 1995.

SOUSA, L. B. **Gerenciamento e segurança de redes**. São Paulo: Senai. 2017

TANEMBAUM, Andrew, S.; WETHERALL, David. **Rede de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2011.

TCHEE, Wallace B. N. **Eventos críticos que impactam rede HFC, e atividades cop rede americana**. 2013.

VIAMI SOLUTIONS. **DOCSIS 3.1**. 2023. Disponível em: <https://www.viavisolutions.com/pt-br/docsis-31>. Acesso em: 26. fev. 2023.

UAB. **Introdução à computação**. Ed.1.0. [S.l.]: UAB, 2013. Disponível em: http://deinf.ufma.br/~portela/Introducao_a_Computacao-UAB.pdf. Acesso em: 14 abr. 2023.

VIAVI SOLUTIONS. **Sistema de garantia de serviço e manutenção de rede XPERtrak**. 2023. Disponível em: <https://www.viavisolutions.com/pt-br/produtos/sistema-de-garantia-de-servico-e-manutencao-de-rede-xpertrak>. Acesso em 11 maio 2023.

WISE. **O que é QAM?** CATV QAM V2. Wise Indústria de Telecomunicações. [s.d]. Disponível em: <https://www.wi.com.br/DOWNLOADS/applicationNote/catv-qam-v2.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ZUBEN. Fernando J. V; ATTUX. Romis R. F. **Fundamentos da teoria de informação**. DCA/FEEC/UNICAMP. 2016. Disponível em: https://www.dca.fee.unicamp.br/~attux/topico_9_2016.pdf. Acesso em 10 abr. 2023