



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

Faculdade de Ciências

Departamento de Matemática e Informática

DMI

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
EM  
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**Análise e Previsão da Latência no Cabo Submarino  
Internacional Fibra Óptica SEACOM**

**Sérgio Luís Cossa**

Maputo, Fevereiro de 2015



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

Faculdade de Ciências

Departamento de Matemática e Informática

DMI

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
EM  
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**Análise e Previsão da Latência no Cabo Submarino  
Internacional Fibra Óptica SEACOM**

Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Ciências no Departamento de Matemática e Informática - DMI da Universidade Eduardo Mondlane para a obtenção do Grau Académico de Mestrado em Sistemas de Informação - SI, realizada sob orientação do Supervisor Prof. Doutor Eng. Venâncio Simão Massingue.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E INFORMÁTICA**  
**DMI**  
**CURSO DE MESTRADO EM INFORMÁTICA**

**TERMO DE SUBMISSÃO DEFINITIVA DA DISSERTAÇÃO**  
**DE**

**SÉRGIO LUÍS COSSA**

**Tema:** *“Análise e Previsão da Latência no Cabo Submarino Internacional Fibras Ópticas da SEACOM.”*

**JÚRI**

**Presidente:**      **Prof.<sup>a</sup> Doutora Esselina Macome**

---

**Arguente:**      **Doutor Zeferino Saugene**

---

**Supervisor:**      **Prof. Doutor Eng. Venâncio Massingue**

---

**DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA:**      24 de Fevereiro de 2015  
**LOCAL:**      Departamento de Matemática e Informática, sala D7

## DECLARAÇÃO

Declaro que este trabalho Científico de Dissertação de Mestrado é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus supervisores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, 24 de Fevereiro de 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. L. Cossa', is written over a horizontal line.

Sérgio Luís Cossa

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta pesquisa à minha família.

Aos meus filhos Chayton e Kenley que tem sido maravilhosos! pela compreensão durante a minha ausência nos momentos de compromissos familiares que não pude partilhar com eles, estou lhes muito grato.

A minha esposa Augusta, minha gratidão eterna pela solidariedade. Você foi o presente de Deus para mim. Que ele a recompense e te abençoe.

---

## AGRADECIMENTOS

Deixo aqui o meu apreço a todas as pessoas que directa ou indirectamente ajudaram-me a realizar este trabalho. Pessoas cuja sua participação teve um valor inestimável, o mínimo que poço fazer, apenas agradecer.

Agradeço a Deus pela graça divina do dom da vida, aos meus pais Helena Mucosse e Luís Chitoriane Cossa que me mostraram o mundo com toda diversidade e desafios.

Agradeço em particular ao meu orientador Prof. Doutor Eng. Venâncio Simão Massingue, pela orientação, apoio em particular pela atenção demonstrada para a concretização da presente pesquisa.

Agradeço a Universidade Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade de iniciar e concluir mais uma etapa na minha vida e um especial agradecimento a Prof. Doutora Gertrudes Macueve, todos os docentes que deram o seu contributo.

A todos os colegas de turma, sobretudo aqueles que durante as aulas deram o seu contributo de maneira sábia e partilhada, na transmissão de sua experiência nas diversas áreas do saber.

Agradeço aos meus amigos de longa data de convivência e amizade, por não estar sempre presente durante a elaboração deste trabalho, também aos colegas de curso pelos bons momentos passados durante esses anos.

---

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Definição do Problema.....	6
1.2.1. Hipóteses da Pesquisa.....	6
1.3. Objectivos.....	7
1.3.1. Objectivo geral.....	7
1.3.2. Objectivos específicos .....	7
1.3.3. Justificativa do Estudo.....	7
1.4. Delimitação do Estudo .....	9
1.5. Estrutura do Trabalho.....	9
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>11</b>
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1. Fibra Óptica .....	11
2.1.1. Factores determinantes na variação da latência .....	12
2.1.2. Tipo de Cabos de Fibra Óptica para as Telecomunicações .....	13
2.1.3. Velocidade de Tráfego dos Tipos de Fibra Óptica.....	16
2.1.4. Vantagens e desvantagens das fibras ópticas .....	17
2.2. Latência .....	21
2.2.1. Mecanismos de Medição da Latência.....	22
2.2.2. Ping .....	22
2.3. Métodos e Modelos de Avaliação da Latência.....	23
2.3.1. Previsão e as Técnicas de Previsão .....	23
2.4. Previsão da Latência (séries temporais).....	24
2.4.1. Modelos de previsão da Latência (séries temporais).....	25
2.4.2. Características e métodos de modelação da Latência (séries temporais) .....	26

2.4.3.	Modelos de Avaliação da Previsão da Latência.....	31
2.4.4.	Outros Modelos de alisamento.....	33
2.4.5.	Uma comparação dos modelos .....	34
2.4.6.	Outras medidas.....	39
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>40</b>
3.	METODOLOGIA .....	40
3.1.	Método e técnica de pesquisa .....	40
3.2.	Colecta de dados.....	41
3.2.1.	Técnica e abordagem de colecta de dados .....	41
3.3.	Análise e tratamento de dados .....	42
3.3.1.	Abordagem .....	42
3.3.2.	Técnica .....	42
3.4.	Escolha do modelo.....	44
3.4.1.	Análise de uma série temporal .....	46
3.4.2.	Previsão de movimentos futuros .....	47
3.4.3.	Processo estocástico estacionário.....	48
3.4.4.	Testes de Raiz Unitária ou de Estacionaridade .....	48
3.4.5.	Modelos de Regressão.....	48
3.4.6.	Modelos Auto-Regressivos.....	49
3.4.7.	Modelos de média móvel.....	49
3.4.8.	Modelos mistos auto-regressivos e de média móvel .....	50
3.4.9.	Modelos Auto-Regressivos Integrados e de Média Móvel .....	50
3.4.10.	Modelos de alisamento .....	50
3.4.11.	A Média.....	51
3.5.	Metodologia para avaliação dos Modelos de alisamento.....	52
3.5.1.	Alisamento exponencial simples.....	53
3.5.2.	Alisamento exponencial simples com taxa-resposta-adaptativa .....	56
3.5.3.	Alisamento exponencial duplo: Método linear de Brown com um parâmetro.....	56
3.5.4.	Alisamento exponencial duplo: Método de Holt com dois parâmetros.....	57
3.5.5.	Alisamento exponencial triplo: Método quadrático de Brown com um parâmetro....	58
3.5.6.	Alisamento exponencial triplo: Método de Winters com três parâmetros - Método com sazonalidade .....	59

---

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>61</b>
4. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
4.1. Caracterização das séries históricas da latência .....	61
4.1.1. Estatística descritiva da latência observada das fontes IP e Google.....	63
4.1.2. Outros Testes (Anova e Significância) .....	64
3. Testes de Raiz Unitária.....	66
4.1.4. Modelos de previsão da latência .....	67
4.1.5. Comparação de modelos.....	74
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>76</b>
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	76
5.1. Conclusões.....	76
5.2. Recomendações .....	78
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>I</b>

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Evolução da latência média em períodos, de Julho 2013 a Abril de 2014 (Google) .....	61
Gráfico 2: Evolução da latência média em períodos, de Julho 2013 a Abril de 2014 (IP).....	62
Gráfico 3: Gráfico de AES série IP .....	68
Gráfico 4: Gráfico de AES série Google .....	68
Gráfico 5: Gráfico de AES série IP com Previsão .....	69
Gráfico 6: Gráfico de AES série Google com Previsão.....	69
Gráfico 7: Gráfico de AET da série IP .....	70
Gráfico 8: Gráfico de AET da série Google .....	71
Gráfico 9: Gráfico de AET com previsão de 5 meses da série IP .....	71
Gráfico 10: Gráfico de AET com previsão de 5 meses das série .....	72

---

Gráfico 11: Gráfico de AEZ da série IP .....	73
Gráfico 12: Gráfico de AEZ da série Google.....	73
Gráfico 13: Gráfico de AEZ com previsão de 5 meses da série IP .....	74
Gráfico 14: Gráfico de AEZ com previsão de 5 meses da série Google .....	74

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Os dois tipos de fibra suas Velocidades de Tráfego.....	17
Tabela 2: (Parte da base de dados da pesquisa) .....	34
Tabela 3: Medidas Relativas da Previsão .....	39
Tabela 4: Exemplo de decaimento exponencial .....	54
Tabela 5: Estatísticas descritivas Google e IP.....	63
Tabela 6: Estatística descritiva IP .....	63
Tabela 7: Anova IP.....	64
Tabela 8: Estatística descritiva Google.....	64
Tabela 9: Anova Google.....	65
Tabela 10: One-Sample Test Google.....	65
Tabela 11: Teste de raiz unitária em nível para a latência da fonte Google .....	66
Tabela 12: Teste de raiz unitária em nível para a latência da fonte IP .....	66
Tabela 13: Teste de raiz unitária em primeiras diferenças para a latência da fonte IP.....	67
Tabela 14: Tabela de comparação dos EMP dos dois modelos.....	75
Tabela 15: Tabela de comparação de estatísticas U de Theil dos dois modelos. ....	75
Tabela 16: Tabela de comparação de latência observada e a dos padrões Internacionais. ....	76

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: A actual larga banda no Mercado África Austral .....	4
Figura 2: Projecção do Crescimento do Mercado 2006-2013.....	5
Figura 3: Tipos de fibra óptica .....	13
Figura 4: Os tipos de fibra óptica Multimodo ( <i>Índice Degrau e Índice Gradual</i> ) e Monomodo.....	15

---

Figura 5: Exemplo de uma série temporal .....	26
Figura 6: Série com tendência.....	28
Figura 7: Série Sazonal.....	28
Figura 8: Série Cíclica .....	29
Figura 9: Série Aleatória (Horizontal).....	30
Figura 10: Metodologia para avaliação dos Modelos de Alisamento.....	52
Figuras 11: Alisamento exponencial Simples, pesos $\alpha = 0,2; 0,4;$ .....	54
Figuras 12: Alisamento exponencial Simples, pesos $\alpha = 0,6; 0,8$ .....	55

## **LISTA DE APÊNDICES**

APÊNDICE.....	IV
Apêndice 1: Base de dados da fonte IP com latências médias de 100 pingas.....	V
Apêndice 2: Base de dados da fonte Google com latências médias de 100 pingas.....	VI
Apêndice 3: Tabela das Previsões, resultados da fonte IP com modelos (AES, AET e HOLT).....	VII
Apêndice 4: Tabela das Previsão, Resultados da fonte Google com modelos (AES, AET e HOLT). VIII	
Apêndice 5: Algumas das fibra suas capacidades Segundo a African Undersea Cables até 2011.....	IX
Apêndice 6: Exemplo do Comando <i>Ping</i> para a Fonte Google.....	IX
Apêndice 7: Exemplo do Comando <i>Ping</i> para a Fonte IP. ....	X

## **ANEXOS**

ANEXOS .....	XI
Anexo 1: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África 2013.....	XII
Anexo 2: Mapa da rede SEACOM comunicações via Cabos Fibras Ópticas - África 2013 .....	XIII
Anexo 3: Mapa da rede SEACOM Pontos de Presença (PoP) Ópticas 2013.....	XIV
Anexo 4: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África Comparação antes e depois - 2009 – 2012.....	XV
Anexo 5: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) no Mundo, Capacidades e Latências, 2015 .....	XVI

---

Anexo 6: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) no Mundo, Capacidades e Níveis de utilização .....	XVIII
Anexo 7: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África até 2014....	XIX
Anexo 8: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África até 2016.....	XX
Anexo 9: Imagem da Fibra óptica .....	XXI
Anexo 10: Legenda do Cabo Fibra óptica .....	XXI
Anexo 11: Capacidades das fibras segundo as regiões.....	XXII
Anexo 12: Capacidades das fibras segundo as regiões.....	XXII
Anexo 13: Latências das fibras segundo as regiões .....	XXIII

---

## RESUMO

A latência caracteriza-se pela não estacionaridade e, sobretudo, por exibir movimentos de baixa e elevada latência, o que dificulta a sua análise e previsão, com base em consultas imediatas como tem sido habitual, através do comando *ping*. Tendo em conta que o conhecimento da latência média e a sua previsão, se reveste de grande importância para a gestão estratégica do sector das TIC, exige deste modo um estudo apurado.

A presente dissertação de Mestrado tem como objectivo analisar a qualidade da latência, prever a latência num período de 5 meses no cabo submarino internacional fibra óptica SEACOM, com recurso à teorias probabilísticas, tendo como base as latências médias observadas durante o período de pesquisa.

As condições de conectividade e reversibilidade deste meio de transmissão foram identificadas a partir de uma amostra significativa referentes as latências médias colectadas num período de 10 meses provenientes de duas fontes (Google e IP 217.113.83.254).

Para a presente pesquisa, aplicaram-se as metodologias estatísticas que permitiram analisar empiricamente a estatística descritiva e as previsões, sobre o comportamento da latência na fibra óptica SEACOM, tendo se obtido resultados precisos que concluíram que a latência nas duas fontes não é constante. Quanto a previsibilidade, concluiu-se que a latência observada na fonte Google não é estatisticamente igual a estabelecida pelos padrões internacionais, a latência observada da fonte *Internet Protocol-IP* foi considerada a única que estatisticamente está dentro dos padrões internacionais estabelecidos.

Quanto a estimação dos modelos das previsões, concluiu-se que os que melhor se ajustam aos dados foram o Alisamento Exponencial Simples para as duas fontes IP e Google, tendo se constatado também que o modelo Alisamento Exponencial com Tendência também se ajustava para a série IP.

**Palavras-chave:** Fibra Óptica, Latência, Tecnologias de Informação e Comunicação, Sistemas de Informação, Aplicações Distribuídas e Modelos de Previsão.

---

## ABSTRACT

The onset is characterized by non-stationarity, and especially by movements exhibiting low and high latency, which complicates the analysis and its prediction, based on immediate consultation, as usual, through ping command taking into account that the knowledge average latency and its prediction, is of great importance to the strategic management of the ICT sector, thus requiring an accurate study.

The present Master's dissertation aims at analyzing the quality of latency, latency prediction in the international submarine fiber optic cable SEACOM in a period of five months, using the probabilistic theories, based on the average latencies observed during research period.

The conditions of connectivity and reversibility of this means of transmission were identified from a significant sample referring the mean latencies collected over a period of 10 months from two sources (Google IP 217.113.83.254).

For the present research, statistical methodologies were applied that enabled to empirically analyze the descriptive statistics and forecasts, on the behavior of latency fiber optic SEACOM, having obtained accurate results, which concluded that the latency in the two sources is not constant. As for predictability, it was concluded that the observed latency on the Google source is not statistically the same as established by international standards, the observed latency-from Internet Protocol IP source has been considered the only one that is statistically within the established international standards.

As for the estimation of the predictions models, it was found that the best suited to the data were Single Exponential Smoothing for both IP and Google sources, it has also been found that the exponential smoothing model with Tendency also fitted for IP series.

**Keywords:** Fiber Optic, Latency, Information and Communication Technology, Information Systems, Distributed Applications and Forecasting Models.

---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ADF</b>	Augmented Dickey-Fuller test;
<b>ANOVA</b>	Analysis of Variance;
<b>AES</b>	Alisamento Exponencial Simples;
<b>AESTRA</b>	Alisamento Exponencial Simples com Taxa Resposta Adaptativa;
<b>AET</b>	Alisamento Exponencial com Tendência;
<b>AEZ</b>	Alisamento Exponencial Sazonal;
<b>ARMA</b>	Auto Regressive Moving Average;
<b>AR</b>	Auto Regressive;
<b>BPO</b>	Business process outsourcing;
<b>D-W</b>	Durbin- Watson;
<b>EA</b>	Este de Africa;
<b>EMQ</b>	Erro Médio Quadrado;
<b>EPAM</b>	Erro Percentual Absoluto Médio;
<b>HDTV</b>	High-Definition Television;
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers;
<b>ICMP</b>	Internet Control Message Protocol;
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union;
<b>IP</b>	Internet Protocol;
<b>IPTV</b>	Internet Protocol Television;
<b>LAN</b>	Local Area Network;
<b>MA</b>	Moving average;
<b>MPLS</b>	Multi-Protocol Label Switching;
<b>MSS</b>	Somas Médias de Quadrados;
<b>MAN</b>	Metropolitan Area Network;
<b>NEPAD</b>	New Partnership for Africa's Development;
<b>NF1</b>	Naive Forecast 1;
<b>NF2</b>	Naive Forecast 2;
<b>PC</b>	Personal Computer;
<b>POP</b>	Point of Presence;
<b>SA</b>	South Africa;
<b>TIC</b>	Tecnologias de Informação e Comunicação;
<b>WWW</b>	World Wide Web;
<b>WN</b>	White Noise;
<b>UA</b>	União Africana;

---

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

A SEACOM é uma empresa Pan-Africana impulsionadora de TIC do sector privado, a operar na área das telecomunicações para o desenvolvimento de transmissão de dados e internet Africano. A visão da SEACOM foi construída sobre a espinha dorsal dos princípios de acesso universal livre e equitativo. A SEACOM através de financiamento desenvolveu o primeiro sistema de cabo submarino de banda larga ao longo das costas da África do leste e do sul, trazendo consigo uma vasta oferta de internet de alta qualidade e preços acessíveis. Em funcionamento desde Julho de 2009 ver os Anexos [2 e 3], SEACOM conseguiu 10 vezes mais o aumento no acesso da banda larga em vários dos países mais carentes da África do leste e do sul SADC (2012).

A SEACOM aproveita seu *backhaul* instalado nos pontos de presença e parcerias globais de acesso universal para fornecer serviços de alta qualidade a um custo-benefício acessível, a conectividade *end-to-end* em todo o mundo. A SEACOM também fornece estes serviços para os países sem litoral no sul e no leste da África.

Juntamente com a versatilidade e alcance do seu International Private Line (IPL) rede de cabo, SEACOM está oferecendo um buquê de produtos inovadores. Variando de serviços Ethernet flexível, para expressar capacidades de Trânsito IP e conectividade com a Internet acessível; SEACOM agora pode fornecer soluções de comunicação sob medida para cada necessidade do cliente. SEACOM também oferece aos clientes *state-of-the-art* e funcionalidade IP Virtual Private Network (VPN) SADC (2012).

A SEACOM acredita em um mundo onde a experiência Africano em internet é caracterizada por abundante conteúdo local, o mínimo de latência, velocidade de *download*, *streaming* de vídeo sem interrupções, e os mercados africanos interligados. Essa visão está no coração do compromisso da SEACOM para a construção da Internet Africano.

---

A Fibra Óptica é um guia de onda dielétrico com estrutura circular cilíndrica e seção circular recta que funciona como meio de transmissão de curta, média e longa distância sem interferência externa para a luz produzida pelo transmissor óptico. As fibras monomodais são adequadas para aplicações que envolvam grandes distâncias, embora requeiram conectores de maior precisão e dispositivos de alto custo. Nas fibras monomodais, a luz possui apenas um modo de propagação, ou seja, a luz percorre o interior do núcleo por apenas um caminho. As dimensões do núcleo variam entre 8  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , e a casca em torno de 125  $\mu\text{m}$ . As fibras monomodais também se diferenciam pela variação do índice de refração do núcleo em relação à casca; classificam-se em Índice Degrau Standard, Dispersão Deslocada (*Dispersion Shifted*) ou (*Non-Zero Dispersion*). As características destas fibras são muito superiores às multimodos, banda passante mais larga, o que aumenta a capacidade de transmissão. Apresenta perdas mais baixas, aumentando, com isto, a distância entre as transmissões sem o uso de repetidores de sinal. Os enlaces com fibras monomodo, geralmente, ultrapassam 50 km entre os repetidores Tecmundo, (2013).

Segundo Forouzan (2007), latência (Retardo). A latência ou retardo define quanto tempo leva para uma mensagem inteira para chegar de forma completa ao destino a partir do momento em que o primeiro *bit* é enviado a partir da origem. Podemos dizer que a latência é composta por quatro componentes: Tempo de propagação, o tempo de transmissão, o tempo e o atraso de processamento de filas.

A previsibilidade representa um dos mais importantes problemas metafísicos com o qual o homem vem se defrontando desde sua aparição e existência neste mundo. O homem moderno recorre ao computador para definir a previsibilidade. Definir o que é previsível do que não é, tornou-se uma tarefa muito importante, principalmente hoje, quando os homens tentam inventar máquinas para prever o futuro. Está claro que a questão de previsibilidade além de importante é muito intrincada. Fala-se hoje com grande desenvoltura acerca de estimativas, planos, previsões, orçamentos, sobre pesquisas, metas, programas, etc., e há tendência a usar esses nomes como se fossem livremente substituíveis entre elas com a suposição de que todo mundo automaticamente sabe o que quer dizer. O resultado é uma grande confusão. Pois os termos que são usados podem se referir ao passado ou ao futuro, os actos ou os acontecimentos e podem significar certeza ou incerteza Shumacher (1979).

Sendo a latência uma grandeza mensurável é susceptível à previsão. Parte integrante das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) caracteriza-se pela desmaterialização do tempo e do espaço, substituindo os átomos pelos bits, causando transformações significativas

---

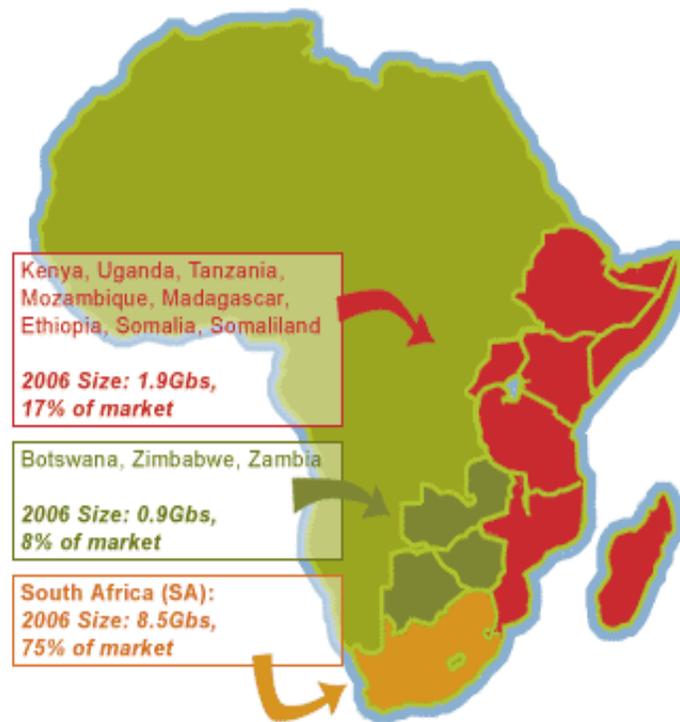
na sociedade contemporânea, como, por exemplo, provocando um movimento rápido na passagem da revolução industrial para a revolução na produção do conhecimento, exigindo novas formas de ensinar, aprender e de trabalhar, sendo a previsão a chave do sucesso desta revolução.

É importante referir que a latência associa-se ao Bit, isto é a menor medida de informação que pode ser entendida por um computador. Um bit é um único dígito, escrito através da utilização da linguagem binária de arquivamento e memória de um computador. Equivale a um caractere de informação. Em um computador pessoal, um byte é composto de uma sequência de oito bits Alves (2004). A latência em análise está associada ao bit por este constituir parte de informação que resulta de dados a passarem pelo meio de transmissão Fibra tendo em conta a latência requerida.

Um elemento marcante, deste período, é a presença intensa das redes que vêm transgredindo as barreiras territoriais, os limites geográficos, construindo assim uma grande aldeia global. Esta revolução científica e tecnológica, através das TIC, criam novas relações culturais e com elas novos estilos de vida, novas formas abusivas de consumo, tanto de produtos como de informações. Estas transformações só se modificarão através da Convergência Tecnológica na sociedade nas actividades do sujeito - cidadão, o qual já é uma realidade para Moçambique com a entrada em funcionamento da primeira fibra óptica Internacional em Julho de 2009, ficando definitivamente criadas as oportunidades em África. O SEACOM veio providenciar uma capacidade em fibra óptica Internacional de Banda larga ao longo da costa Oriental de África através da África do Sul, Moçambique, Madagáscar, Tanzânia, Quênia, e Djibuti e em diante para o resto do Mundo por via de pontos Terrestres em Inglaterra, França e Índia Ngwenha (2009).

Com uma capacidade de 1.28 terabits, o cabo submarino de tecnologia de ponta da SEACOM está providenciar banda larga às economias africanas outrora carentes de banda larga, para desfrutarem de *High-definition television* – (HDTV) - Televisão de alta definição, Internet Protocol Television – (IPTV), isto é Televisão via Internet.

De acordo com a *AITEC Mozambique International ICT Congress 2009, Maputo 17-18 September 2009*, as previsões em 2006 sobre a disponibilidade em Banda Larga no mercado do Este de África Subsaariana, em infraestrutura de telecomunicações via fibra óptica eram as seguintes de acordo com a Figura 1 que em segue:



**Figura 1:** A actual larga banda no Mercado África Austral

Fonte: Do Carmo (2009).

**Para os Países do Este de África:**

Kenya, Uganda, Tanzania, Moçambique, Madagascar, Ethiopia, Somália e Somalialand, em 2006 com uma capacidade de 1.9 Gbs, o que representa 17% do Mercado da África Austral;

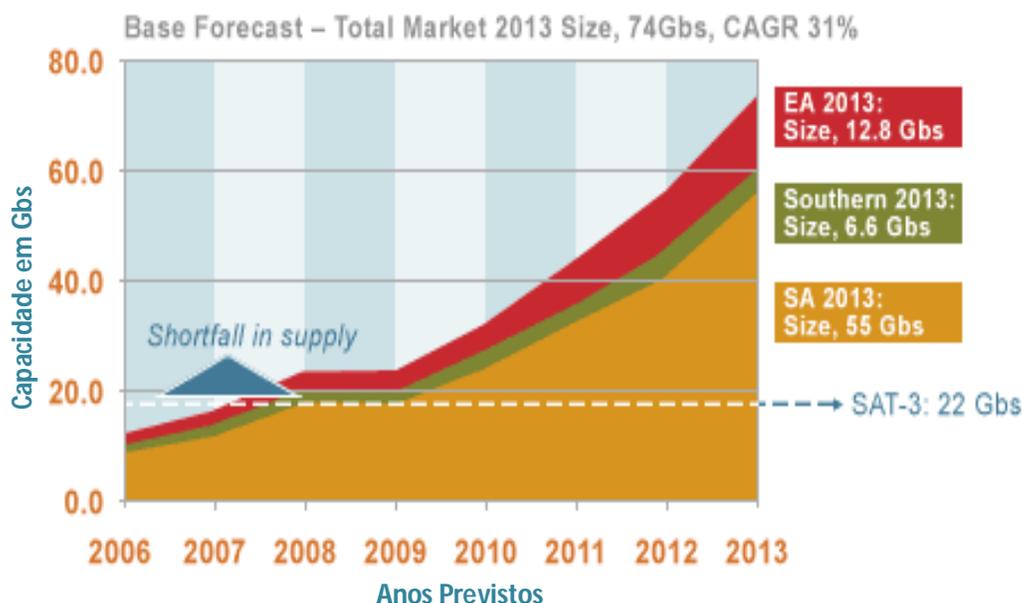
**Para a zona da África Austral:**

Botwana, Zimbabwe, e Zambia em 2006 com uma capacidade de 0.9 Gbs, o que representa 8% do Mercado da África Austral.

**Para a África do Sul:**

Finalmente a África do Sul em 2006 com uma capacidade de 8.5 Gbs o que representa 75% da capacidade na região da África Austral.

Segundo estudos de previsão de capacidades de largura de Banda em fibra óptica para um período de 8 anos, compreendido entre os anos de 2006 a 2013, preveu-se um aumento de capacidade no Mercado, no Total de 74 Gbs para 2013 capacidade esta que representa carga de 31% como podemos constatar no gráfico da Figura 2 que se segue:



**Figura 2:** Projecção do Crescimento do Mercado 2006-2013

Fonte: Do Carmo (2009).

#### **Para os Países do Este de África:**

Kenya, Uganda, Tanzania, Moçambique, Madagascar, Ethiopia, Somália e Somalialand, em 2013 com uma capacidade prevista de 12.8 Gbs;

#### **Para a zona da África Austral:**

Botwana, Zimbabwe, e Zambia em 2013 com uma capacidade prevista de 6.6 Gbs;

#### **Para a África do Sul:**

Finalmente a África do Sul em 2013 com uma capacidade prevista de 55Gbs, contribuindo a SAT-3 com uma capacidade de 22 Gbs.

Estas capacidades foram projectadas tendo em conta os desafios da nova era da fibra óptica no Continente Africano muito em particular as capacidades diversificadas como se pode constatar. Ver o Apêndice (5), Anexo (7 e 8).

Neste trabalho, faz-se uma comparação de diferentes Modelos de previsão da latência em fibra óptica SEACOM das fontes IP e Google, com o objectivo de compreender o impacto das condições actuais e futuras da conectividade e reversibilidade da fibra com base na sua latência.

---

## 1.2. Definição do Problema

A heterogeneidade de transporte de dados hoje é grande e beneficia o desenvolvimento de novos paradigmas para o melhor funcionamento das Aplicações Distribuídas, atendendo e considerando que o sucesso destas depende da qualidade de latência na transmissão de dados nas telecomunicações, isto é, a velocidade de transmissão na comunicação entre dois extremos que representam o ponto de partida e o ponto de chegada da informação garantindo deste modo a existência de uma plena comunicação medida em mil segundos.

Deste modo a falta de informação e estudos sobre o nível da qualidade de latência da recente Fibra óptica SEACOM instalada no nosso país, o que levou o autor da presente pesquisa a identificar “Análise e Previsão da latência no Cabo Submarino Internacional Fibra Óptica SEACOM” como Tema para a presente pesquisa, como forma de encontrar a resposta às questões sobre:

Qual é a latência da recente fibra óptica submarina SEACOM instalada em Moçambique?

Será que a latência observada estará dentro dos padrões Internacionais definidas pela ITU e Telegeography?.

Para responder a estas questões, efectuou-se a presente pesquisa com base em consulta de dados históricos referentes a *Pings* médios periódicos de latência da fibra num período de (10) dez meses em um servidor de Web [www.google.com](http://www.google.com) e um Cisco Router com IP Público 217.113.83.254, que serve de Gateway no POP (ponto de presença) em Londres, cujos dados foram agrupados em 10 registos médios mensais referentes aos *pings* de latência intercalados por duas horas por dia com vista a uma análise Estatística Multivariada sobre a existência ou não da variância da latência nos referidos períodos.

### 1.2.1. Hipóteses da Pesquisa

Tratando se de uma pesquisa qualitativa para determinar a qualidade de conectividade da fibra óptica, partindo quantificação dos dados referentes a latência, as hipóteses de pesquisa centram se nos seguintes aspectos:

- ✓ A latência observada é estatisticamente igual ou diferente à estabelecida pelos padrões Internacionais da UTI, (Teste T);
  - $H_0$ : A latência é igual (200 a 300 ms);
  - $H_a$ : A latência é maior que (200 a 300 ms);
- ✓ A latência média é igual em diferentes períodos (ANOVA).

---

### 1.3. Objectivos

#### 1.3.1. Objectivo geral

Pretende-se com este trabalho analisar a qualidade da latência da Fibra Óptica SEACOM, bem como estudar a previsão em latência do mesmo meio de transmissão num período de 5 meses, com recurso à Teorias Probabilísticas, para melhor compreender a qualidade das condições actuais e futuras de conectividade e reversibilidade desta fibra óptica, com base na sua latência;

#### 1.3.2. Objectivos específicos

Para se atingir o objectivo do estudo, foram traçados os seguintes objectivos específicos:

- ✓ Identificar condições actuais de latência;
- ✓ Propor uma metodologia de previsão da latência da fibra óptica;
- ✓ Analisar a latência observada se ela está dentro dos parâmetros normais estabelecidos;

#### 1.3.3. Justificativa do Estudo

O conhecimento da qualidade da latência reveste-se de grande importância na gestão dos Sistemas de Informação, pois estes dependem do uso de meios de transmissão como é o caso da fibra óptica. Os Sistemas Distribuídos desenvolvidos e usados nos Centros de Dados, as Integrações dos Sistemas levados a cabo nos Sistemas de Informação são definitivamente dependentes da transmissão e o seu sucesso só tem lugar com o domínio e conhecimento da qualidade em latência do determinado meio de transmissão a usar ao implantar uma determinada Base de Dados que alimentará o Sistema de Informação específico que para o efeito é preciso conhecer a qualidade de latência.

Hoje as tecnologias de informação e comunicação andam de mãos dadas com o desenvolvimento económico sustentável. O Continente Africano está a uns passos atrás de outros Continentes em termos de infraestruturas de telecomunicações e tecnologias de informação e comunicação no geral, associadas à disponibilidade de “*Broad Band*” Banda Larga.

Com a entrada em funcionamento da fibra óptica em Julho de 2009, ficaram definitivamente criadas as oportunidades em África. O SEACOM providencia uma capacidade em fibra óptica Internacional de Banda larga ao longo da costa Oriental de África através da África do Sul, Moçambique, Madagáscar, Tanzânia, Quénia, e Djibuti e em diante para o resto do

---

mundo por via de pontos terrestres em Inglaterra, França e Índia. Com uma capacidade de 1.28 terabits, o cabo submarino de tecnologia de ponta da SEACOM providencia banda larga às economias africanas carentes de banda larga, para desfrutarem de HDTV (High-definition television - Televisão de alta definição), IPTV (TV by IP - TV por IP, isto é Televisão via Internet), uma Internet de verdadeira banda larga e redes comparativamente iguais a quaisquer outras.

Estruturada de forma a corresponder aos objectivos dos governos africanos no espírito da UA e do NEPAD, segundo a SEACOM esta fibra é considerada como catalisador para o crescimento das TIC, tais como os centros subcontratados de centrais de chamadas, escritórios de subcontratação de negócios Business process outsourcing - BPO e centros de pesquisa no continente africano.

Não obstante as descrições das qualidades técnicas e teóricas apresentadas, há uma necessidade de apresentação de estudos que sustentam o nível de qualidade da latência da recente Fibra óptica SEACOM instalada no nosso país, necessidade esta que levou o autor da presente pesquisa a identificar “Análise da Previsão da latência no Cabo Submarino Internacional Fibra Óptica SEACOM” como tema para a presente pesquisa, como forma de dar resposta à necessidade do estudo de qualidade em latência que acredita constituir sua preocupação e de tantos outros profissionais utilizadores, instituições reguladores de telecomunicações e amadores das Tecnologias de Informação e Comunicação.

Esta pesquisa sobre “Análise e Previsão da latência no Cabo Submarino Internacional Fibra Óptica SEACOM” na conectividade e reversibilidade, contribuirá para promover debates e criação de condições para que o sector das telecomunicações ligado às TIC e público em geral possa planear seus programas de governo electrónico e de inclusão digital bem como as políticas de difusão da banda larga no país e toda a infraestrutura correlacionada com o desenvolvimento da Internet e Comunicação. Os Modelos que foram aplicados e os indicadores estatísticos resultantes da presente pesquisa serão importantes em particular para a instituição nacional reguladora dos serviços de telecomunicações para a monitoria da qualidade em latência da fibra óptica SEACOM, bem como na utilização dos Modelos propostos na gestão da latência das empresas licenciadas como forma de monitorar a qualidade de serviços prestados ao utilizador final dos serviços de conectividade, o que contribuirá para que o regulador, o sector privado e os empreendedores planeiem seus negócios e avaliem as tendências relacionadas ao crescimento qualitativo e quantitativo dos

---

serviços e das infraestruturas de comunicação e internet, que constituem o centro nervoso da economia globalizada.

Esta é um importante contributo que a presente pesquisa oferece à sociedade e ao governo, com informações importantes para a promoção de e-serviços e dos e-negócios no país tendo como base os modelos e indicadores (dados) resultantes da inferência estatística e aplicação de modelos de previsão da latência de fibra óptica SEACOM.

#### **1.4. Delimitação do Estudo**

O presente estudo configura-se na análise do comportamento e desempenho em latência da fibra óptica. Esta pesquisa foi feita em Moçambique, mais concretamente a partir da estação internacional do cabo de fibra óptica da SEACOM, localizada no bairro Costa do Sol, Maputo onde se acedeu a partir dos servidores da empresa Gateway Communications, sítos 6º andar do prédio 33 andares na baixa da cidade de Maputo, através de um circuito Ponto a Ponto de fibra óptica escura e uma solução redundante via *Wireless* até a SEACOM, tendo como ponto interveniente a Inglaterra através da estação internacional do cabo de fibra óptica da SEACOM, mais concretamente na Gateway Communications POP, localizada no Telehouse East, TFM60 3rd floor na Coriander Avenue em UK, no qual foram consultados dados através de *Ping's* no IP Público 217.113.83.254, para além dos *Ping's* no servidor de Web do Google.com.

#### **1.5. Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos, para além da parte introdutória, com conteúdos resumidos a seguir:

- O primeiro capítulo da introdução apresenta a contextualização do tema e descreve o problema de estudo bem como a justificativa para a sua escolha, os objectivos que se pretende alcançar, a estrutura e as limitações do estudo.
- O segundo capítulo, revisão da literatura, apresenta alguns conceitos fundamentais associados ao tema do trabalho, com o objectivo de apresentar a teoria que sustentará as conclusões obtidas na prática.
- O terceiro capítulo, metodologia, é dedicado à descrição dos métodos e dados utilizados no presente estudo.

- 
- No quarto capítulo, resultados e discussões são apresentados e discutidos os principais resultados do estudo, confirmando ou não as hipóteses inicialmente formuladas.
  - Finalmente nas conclusões e recomendações como quinto capítulo, fazem-se as comparações entre os objectivos propostos e os resultados alcançados e são também apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

---

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, primeiro apresentam-se alguns conceitos fundamentais associados a estudos e análises sobre a relação existente entre a latência e as telecomunicações e as TIC em geral. São apresentados também conceitos associados a inferência estatística, modelos de previsão e depois caracterizam-se, classificam-se as séries temporais e finalmente, são apresentados alguns métodos estatísticos para modelar séries temporais.

#### 2.1. Fibra Óptica

Segundo Horak (2009), os circuitos são fios de fibra óptica de vidro (composto de cristais naturais) ou de plástico (cristais artificiais), a espessura de um cabelo (entre 10 e 300 microns). Eles carregam mensagens sob a forma de feixes de luz que passa por eles na verdade, de um extremo ao outro, onde quer que vão de filamentos (incluindo curvas e cantos) sem interrupção.

As fibras ópticas podem agora ser usadas como fios de cobre convencionais, tanto em pequenos ambientes autônomos (como os sistemas de tratamento de aviões), com as grandes redes geográficas (como linhas de longo prazo dos sistemas urbanos mantidos por empresas de telecomunicações). [Ver os Apêndices 10 e 11].

As redes ópticas permitem baixa latência e grande banda passante, proporcionando um ambiente favorável ao crescimento da Internet e a proliferação de aplicações cada vez mais sofisticadas que exigem maior desempenho da rede. [Ver os Anexos 1, 4, 5 e 6].

As aplicações, tais como os jogos interactivos, os programas de compartilhados de arquivos e as conferências de áudio e vídeo, entre outras, estão presentes no quotidiano de praticamente todos os usuários de computadores que utilizam a Internet. Além da necessidade de banda passante e de baixo atraso, existe também uma tendência para que estas aplicações apresentem um comportamento cada vez mais dinâmico, modificando ao longo do tempo o conjunto de origens e destinos de tráfego na rede para uma única instância de aplicação.

---

Outra tendência verificada é o aumento do período de duração de uma aplicação, que pode ser de horas e algumas de até 24 horas por dia. Assim, torna-se evidente que a disponibilidade e a fiabilidade são fundamentais para as redes ópticas.

O princípio subjacente a transmissão da luz através da fibra é a reflexão interna total, a luz viaja através do centro ou núcleo da fibra é incidente sobre a superfície externa com um ângulo superior ao ângulo crítico, de modo que toda luz é reflectida, sem perdas na fibra. Assim, a luz pode ser transmitida a longas distâncias reflectidos milhares de vezes. Para evitar perdas, devido à dispersão da luz devido às impurezas da superfície da fibra, o núcleo de fibra óptica é revestido com uma camada de vidro com um índice de refração muito menor, as reflexões ocorrem na superfície de separação da fibra vidro e revestimento.

Assim, conclui-se dizendo que a fibra óptica é constituída por um material guia de luz muito melhor do que isso de várias maneiras. Para isso, pode-se acrescentar que, na fibra óptica que o sinal é atenuado tanto como cobre e fibra que nenhuma informação é perdida por refração ou dispersão de luz para assim obter bons rendimentos, em cobre, no entanto, sinais são atenuados pela resistência do material à propagação de ondas electromagnéticas em um melhor. Além disso, pode emitir tanto pelo cabo vários sinais diferentes, com frequências diferentes para diferenciá-los, que em conversas telefonema para aderir ou multiplex plantas diferentes. Também pode-se usar a fibra óptica para transmitir luz directa.

### **2.1.1. Factores determinantes na variação da latência**

Fibra de comunicação óptica é um método de transmissão de informação de um lugar para outro através do envio de pulsos de luz através de uma fibra óptica. Isto é importante notar quando se discute as variáveis que afectam a latência Tecmundo (2013).

- Deficiência dos amplificadores e regeneradores ao longo da fibra óptica;
- A capacidade de dados transferidos da fibra óptica;
- Congestionamento na fibra óptica que possa criar um estrangulamento na transmissão;
- A distância percorrida pela fibra óptica;
- O número elevado de *Hoops* (Saltos) ou seja o número de nodos na trajectória da fibra óptica;
- A capacidade de tráfego na LAN pela qual o utilizador está conectado;

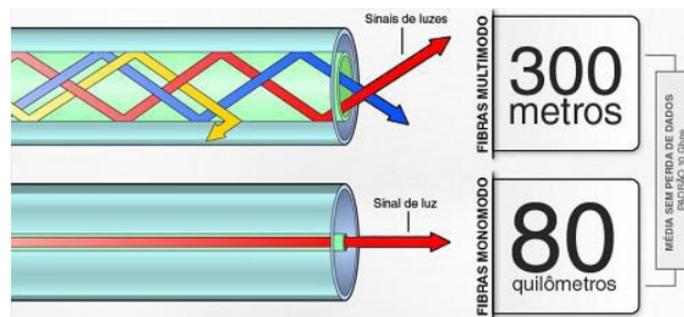
- O número de utilizadores a solicitar a comunicação através dos nodos e os servidores remotos;
- A velocidade com a qual os nodos intermédios e os servidores remotos funciona;
- A presença da interferência no circuito.

### 2.1.2. Tipo de Cabos de Fibra Óptica para as Telecomunicações

Fibras ópticas, simplificadaamente, são fios que conduzem a potência luminosa injectada pelo emissor de luz, até o fotodetector. São estruturas transparentes, flexíveis, geralmente compostas por dois materiais dielétricos, tendo dimensões próximas a de um fio de cabelo humano Tecmundo (2013).

Há uma região central na fibra óptica, por onde a luz passa, que é chamada de núcleo. O núcleo pode ser composto por um fio de vidro especial ou polímero que pode ter apenas 125 micrômetros de diâmetro nas fibras mais comuns e dimensões ainda menores em fibras mais sofisticadas. De acordo com o número de modos, a fibra óptica pode ser classificada:

- **Fibra Multimodo,**
- **Fibra Monomodo.**



**Figura 3:** Tipos de fibra óptica

Fonte: Tecmundo (2013)

#### 2.1.2.1. Fibra Multimodo

As fibras multimodo foram as primeiras a serem comercializadas. Neste tipo de fibra é permitido que vários raios (modos) se propaguem simultaneamente pelo cabo. A existência de vários modos de propagação provoca a chamada dispersão modal, o que limita a largura

---

de banda. Este tipo de fibra é utilizado em intranets, onde as ligações não têm mais de 2 quilómetros Tecmundo (2013).

Existem dois tipos de fibras multimodo:

- **Fibra de Índice Degrau ou Abrupto (*Step Index*):**

Segundo a Tecmundo (2013), na fibra de índice degrau o índice de refração do núcleo é uniforme e completamente diferente do da casca. A refração, nesse caso, ocorre como ilustrado previamente, isto é, somente na interface entre o núcleo e a casca.

Devido à disposição simples do perfil de índices e às suas dimensões relativamente grandes que facilitam sua conectividade e fabricação, esse sistema é o mais económico e o mais fácil de ser construído. Outra vantagem desse tipo de fibra é sua grande capacidade de captar energia luminosa, que advém da relativamente alta abertura numérica desse tipo de fibra, o que permite a utilização de emissores mais baratos.

No entanto, os altos valores de abertura numérica trazem inconvenientes ao permitir que um elevado número de modos exista dentro da fibra. O número de modos elevado causa o fenómeno da dispersão modal, o que reduz significadamente a banda das fibras multimodo de índice degrau e obriga esse tipo de fibra a ser utilizado somente em pequenas distâncias.

- **Fibra de Índice Gradual (*Graded Index*):**

Na fibra de índice gradual o núcleo não possui índice de refração constante, mas este aumenta progressivamente do eixo central até as bordas. Dessa forma, ocorre uma refração gradual à medida que os raios se aproximam das bordas. Essa fibra foi projectada para adequar-se às aplicações em sistemas de telecomunicações.

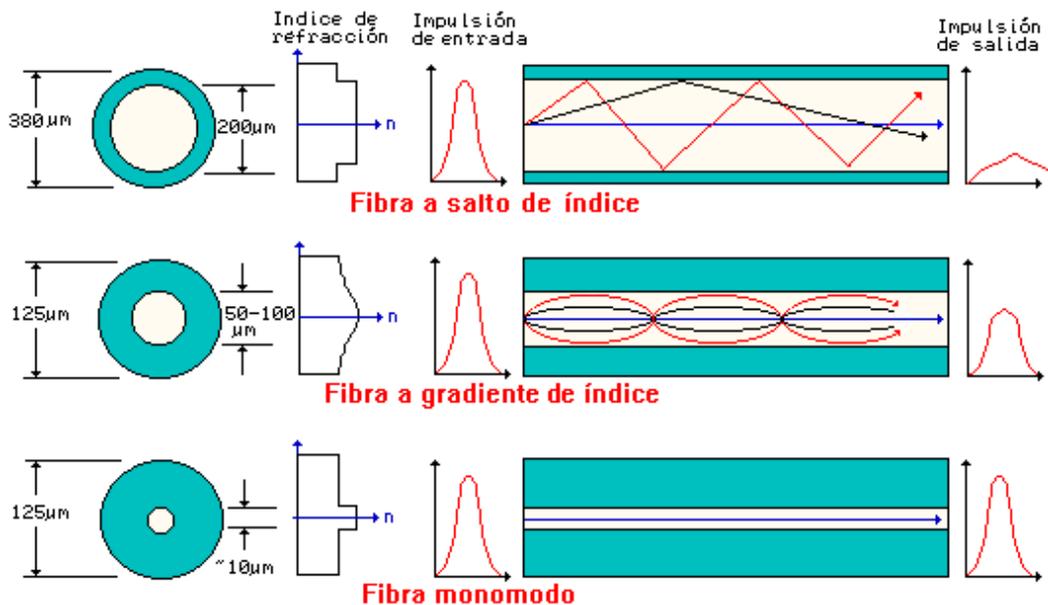
São menores do que as fibras multimodo de índice degrau e possuem aberturas numéricas menores, que diminuem a quantidade de modos possíveis e aumentam a banda passante e a distância que essa banda pode atingir. Possui complexidade média de fabricação, mas que ainda mantém uma certa facilidade de conexão e tem uma capacidade de transmissão adequada às aplicações que se propõe, mas ainda não pode ser usada em longas distâncias Tecmundo (2013).

### 2.1.2.2. Fibra Monomodo

Por fim, temos o tipo monomodo. Ele é caracterizado por um núcleo finíssimo (de apenas alguns micrômetros) por onde há apenas um único caminho para a luz, ou seja, apenas um modo. Como as dimensões dos cabos são próximas aos comprimentos da luz incidente, a óptica geométrica não consegue explicar o que ocorre nas fibras monomodo, e, portanto, para os cálculos nesse tipo de fibra, deve-se tratar a luz como onda eletromagnética, e não mais como partícula. A casca mantém seu tamanho inalterado em relação às das fibras multimodo, pois ela precisa ser espessa o suficiente para suportar os campos eletromagnéticos do modo transmitido Tecmundo (2013).

A produção de fibras ópticas monomodo tem como factor limitante a dificuldade mecânica de fabricação de fios e acopladores para fibras tão finas, visto que não se deseja alterar os índices de refração das fibras nem o comprimento de onda da luz incidente.

Com essa técnica, anula-se a dispersão modal e obtém-se uma menor atenuação. Por outro lado, suas pequenas dimensões dificultam sua conectividade, que requer alta qualidade, elevando muito o custo do sistema. Por superar as capacidades de transmissão de fibras multimodos, esse tipo de fibra é utilizado em comunicações de média e longa distâncias, inclusive em comunicações intercontinentais, onde há elevada transmissão de dados.



**Figura 4:** Os tipos de fibra óptica Multimodo (*Índice Degrau e Índice Gradual*) e Monomodo

Fonte: Rincondelvago (2013)

---

De acordo com a Teleco (2013), redes ópticas, já fala-se em novos tipos de fibras monomodo actualmente, são elas:

- **Single Mode (SM - G.652 ITU-T):**

Fibra monomodo já explorada. Sofre com grande dispersão cromática. No entanto, como essa fibra tem um núcleo maior do que os novos tipos de fibra óptica, seu uso é bom em sistemas que requerem grande capacidade de comprimentos de onda.

- **Dispersion Shifted (DS - G.653 ITU-T):**

Fibra sem dispersão. Pensava-se que seria boa para ser usada em sistemas WDM e SDH de alta capacidade. Porém, com o crescimento da quantidade de comprimentos de onda, constatou-se que ela sofre efeitos de Mistura de quatro ondas, o que restringiu seu uso em sistemas de WDM.

- **Non Zero Dispersion (NZD - G.655 ITU-T):**

Fibra com dispersão baixa, mas não nula. Foi criada para servir de meio termo entre os dois tipos de fibra anteriores. Para diminuir a dispersão cromática, o núcleo da fibra foi reduzido. Essa redução impede seu uso em sistemas com muitos comprimentos de onda.

- **Low Water Peak (LWP - G.652D ITU-T):**

É tipo de fibra onde os processos de fabricação eliminaram a contaminação por íons hidroxila, permitindo que a utilização dos comprimentos de onda ao redor de 1400nm.

### **2.1.3. Velocidade de Tráfego dos Tipos de Fibra Óptica**

Na tabela abaixo, são listadas a janelas (nm), a distância máxima (m) e a velocidade de seis fibras multiponto 62,5/125  $\mu\text{m}$ , duas fibras multiponto 50/125 $\mu\text{m}$  e três fibras do tipo monomodo.

Fibra Óptica Multimodo 62,5/125µm			
Padrão	Janela (nm)	Distância Máxima (m)	Velocidade
10BASE-FL	850	2.000	10Mbps
100BASE-FX	1300	2.000	100Mbps
1000BASE-SX	850	275	1Gbps
1000BASE-LX	1300	550	1Gbps
10GBASE-SR	850	33	10Gbps
10GBASE-LX4	1300	300	10Gbps
Fibra Óptica Multimodo 50/125µm			
Padrão	Janela (nm)	Distância Máxima (m)	Velocidade
1000BASE-SX	850	1.000	1Gbps
10GBASE-SR	850	300	10Gbps
Fibra Óptica Monomodo 9/125µm			
Padrão	Janela (nm)	Distância Máxima (m)	Velocidade
1000BASE-LX	1300	5.000	1Gbps
10GBASE-LR	1310	10.000	10Gbps
10GBASE-ER	1550	40.000	10Gbps

**Tabela 1:** Os dois tipos de fibra suas Velocidades de Tráfego

Fonte: Rincondelvago (2013)

#### 2.1.4. Vantagens e desvantagens das fibras ópticas

O desempenho em um sistema de telecomunicações costuma ser avaliado principalmente em relação a dois parâmetros fundamentais: o factor de atenuação, que estabelece a distância máxima de transmissão sem necessidade de repetidores, e a largura de banda, que fixará a taxa máxima de modulação permitida dentro de uma distância, sem necessidade de recuperar-se a forma dos pulsos. As fibras ópticas despertaram grande interesse para a modernização das comunicações por suplantarem os sistemas tradicionais nesses dois pontos e apresentarem outras vantagens Rincondelvago (2013).

##### 2.1.4.1. Vantagens

- Ausência de diafonia: (linha cruzada - crosstalk),
- Banda passante potencialmente enorme,
- Perdas de transmissão muito baixas,
- Imunidade a interferência e ao ruído,

- 
- Isolamento eléctrico,
  - Pequenas dimensões e baixo peso,
  - Segurança da informação e do sistema,
  - Flexibilidade na expansão da capacidade dos sistemas,
  - Custos potencialmente baixos,
  - Alta resistência a agentes químicos e variações de temperaturas.

**a) Ausência de diafonia: (linha cruzada - *crosstalk*)**

As fibras ópticas não causam interferência entre si, eliminando assim um problema comum enfrentado nos sistemas com cabos convencionais, principalmente nas transmissões em alta frequência, eliminando necessidade de blindagens que representam parte importante do custo de cabos metálicos.

**b) Banda passante potencialmente enorme**

A transmissão em fibras ópticas tem uma capacidade de transmissão potencial, no mínimo 10.000 vezes superior à capacidade dos actuais sistemas de microondas. Além de suportar um aumento significativo do número de canais de voz e/ou de vídeo num mesmo circuito telefónico, essa enorme banda permite novas aplicações impossíveis de serem concebidos anteriormente.

**c) Perdas de transmissão muito baixas**

As fibras ópticas apresentam actualmente perdas de transmissão extremamente baixas. Desse modo, com fibras ópticas e com a tecnologia de amplificadores ópticos, é possível uma transmissão interurbana com até centenas de quilómetros, aumentando a confiabilidade do sistema, diminuindo o número de repetidores, o que reduz a complexidade e custos do sistema.

**d) Imunidade a interferência e ao ruído**

Por serem feitas de material dieléctrico, as fibras ópticas são totalmente imunes a ruídos em geral e interferências electromagnéticas, como as causadas por descargas eléctricas, instalações de alta tensão, ignição de motores, chaveamento de relés entre outras fontes de ruído eléctrico. Por outro lado existe um excelente confinamento, do sinal luminoso

---

propagado pelas fibras ópticas. A imunidade a pulsos electromagnéticos (PEM) é outra característica importante das fibras ópticas.

**e) Isolamento eléctrico**

O material dieléctrico (vidro ou plástico) que compõe a fibra óptica oferece um excelente isolamento eléctrico entre os transceptores ou estações interligadas, não tem problemas com o aterramento e interfaces dos transceptores. Além disso, quando um cabo de fibra óptica é danificado não existem faíscas de curto-circuito., não há possibilidade de choques eléctricos em cabos com fibras ópticas o que permite a sua reparação no campo, mesmo com os equipamentos de extremidades ligados.

**f) Pequenas dimensões e baixo peso**

O volume e o peso dos cabos ópticos é muito inferior ao dos cabos convencionais em cobre, para transportar a mesma quantidade de informações, facilitando o manuseio e a instalação dos cabos. Um cabo óptico de 6,3mm de diâmetro, com uma única fibra de diâmetro 125mm e encapsulamentos plástico, substitui, em termos de capacidade, um cabo de 7,6cm de diâmetro com 900 pares metálicos. Quanto ao peso, um cabo metálico de cobre de 94 quilos pode ser substituído por apenas 3,6 quilos de fibra óptica.

**g) Segurança da informação e do sistema**

Qualquer tentativa captação de mensagens ao longo de uma fibra óptica é facilmente detectada, pois exige o desvio de uma porção considerável de potência luminosa transmitida, as fibras não são localizáveis através de equipamentos medidores de fluxo electromagnéticos ou detectores de metal.

**h) Flexibilidade na expansão da capacidade dos sistemas**

Os sistemas de transmissão por fibras ópticas podem ter sua capacidade de transmissão aumentada gradualmente, em função, por exemplo, do tráfego, sem que seja necessária a instalação de um novo cabo óptico. Basta para isso melhorar o desempenho dos transceptores, seja, por exemplo, substituindo-se led's por diodos laser ou utilizando-se técnicas de modulação superiores.

---

**i) Custos potencialmente baixos**

As fibras ópticas já são actualmente competitivas, especialmente em sistemas de transmissão a longa distância, onde a maior capacidade de transmissão e o maior espaçamento entre repetidores permitidos repercutem significativamente nos custos do sistema. Em distâncias curtas e/ou sistemas multipontos pode elevar o custo dos sistemas.

**j) Alta resistência a agentes químicos e variações de temperaturas**

As fibras ópticas têm uma boa tolerância a temperaturas, favorecendo sua utilização em diversas aplicações, são menos vulneráveis à acção de líquidos e gases corrosivos, aumentando a confiabilidade e vida útil dos sistemas.

**2.1.4.2. Desvantagens**

- Fragilidade das fibras ópticas sem encapsulamentos,
- Dificuldade de conexão das fibras ópticas,
- Acopladores tipo T com perdas muito altas,
- Impossibilidade de alimentação remota de repetidores,
- Falta de padronização dos componentes ópticos.

**a) Fragilidade das fibras ópticas sem encapsulamentos**

O manuseio de uma fibra óptica "nua" é bem mais delicado que no caso dos suportes metálicos.

**b) Dificuldade de conexão das fibras ópticas**

As pequenas dimensões das fibras ópticas exigem procedimentos e dispositivos de alta precisão na realização das conexões e junções.

**c) Acopladores tipo T com perdas muito altas**

É muito difícil se obter acopladores de derivação tipo T para fibras ópticas com baixo nível de perdas. Isso repercute desfavoravelmente, por exemplo, na utilização de fibras ópticas em sistemas multiponto.

---

#### **d) Impossibilidade de alimentação remota de repetidores**

Os sistemas com fibras ópticas requerem alimentação eléctrica independente para cada repetidor, não sendo possível a alimentação remota através do próprio meio de transmissão.

#### **e) Falta de padronização dos componentes ópticos**

A relativa imaturidade e o contínuo avanço tecnológico não têm facilitado o estabelecimento de padrões para os componentes de sistemas de transmissão por fibras ópticas.

### **2.2. Latência**

Segundo Forouzan (2007), latência (Retardo). A latência ou retardo define quanto tempo leva para uma mensagem inteira para chegar de forma completa ao destino a partir do momento em que o primeiro *bit* é enviado a partir da origem. Podemos dizer que a latência é composta por quatro componentes: Tempo de propagação, o tempo de transmissão, o tempo e o atraso de processamento de filas.

Latência = tempo de propagação + tempo de transmissão + tempo + atraso de processamento de filas.

Para Barbosa (2005), a latência tem uma natureza altamente variável e imprevisível, criando erros de base temporal, dessequenciando e ainda provocando a perda parcial do conteúdo, resultando em sérios constrangimentos para o controle da performance. Ainda assim, um enorme esforço está a ser feito na comunidade científica para diminuir estas limitações, através do aumento da largura de banda, da capacidade de compressão de dados e pelo uso de técnicas de transmissão baseadas no conteúdo.

Segundo Massingue (2003), na sua Tese de Doutoramento, apresenta “*Estratégia, Desenvolvimento/Aquisição, Implementação, Utilização, Gestão dos Serviços*”, a presente pesquisa encontra nesta abordagem a necessidade do domínio das condições atuais e futuras em qualidade em latência para melhor definição de estratégias para o correto desenvolvimento, aquisição, implementação, utilização e gestão dos serviços de TIC associados directa ou indirectamente a latência da fibra óptica SEACOM. Os cinco grandes de TIC apresentados, constatou-se tiveram constrangimentos na gestão dos serviços de telecomunicações associados directamente a qualidade de latência que inviabilizou o estabelecimento de comunicação entre as 5 Universidades referenciados.

---

A definição de latência zero na rede, significaria transporte de dados na rede à velocidade da luz. Dito isso, quanto mais a luz tem que percorrer o maior a latência. Obtenção de apenas uma conexão de fibra a partir do ponto A ao ponto Z não é mais suficiente para garantir melhor velocidade de transferência de dados. Redes de fibra normalmente não seguem uma linha directa entre uma dada "A" e "Z" local. Decorre contornos geográficos relativos às estradas, oceanos, trilhos de linhas férreas, ou outros tipos de direito de passagem, onde a fibra foi colocada. Por esta razão, é importante compreender a rota exacta do seu circuito seguinte com vista a garantir uma latência óptima, criando assim rota mais directa.

No ambiente de longo curso, existem duas principais opções para estender a transmissão de luz através da fibra; amplificadores ópticos e regeneradores. Amplificadores e Regeneradores são colocados ao longo da rota de fibra óptica para assegurar que o sinal seja capaz de viajar a distância, mantendo sua integridade. A principal diferença entre os dois é que um amplificador adiciona ao comprimento de onda de luz existentes para aumentar a força do sinal com muito pouca latência adicionada, enquanto um regenerador vai adicionar uma quantidade substancial de latência. Isso é necessário tanto para soluções de fibra iluminada e escura e precisa ser levado em consideração, pois é um componente altamente variável do fim-de-final do circuito, que afecta a latência Horak (2007).

### **2.2.1. Mecanismos de Medição da Latência**

Segundo [www.test-net.org](http://www.test-net.org), para a análise da latência recorre-se ao comando *Ping*, conceito que em seguida se apresenta.

### **2.2.2. Ping**

Ping é um comando utilizado para diagnosticar a conectividade entre equipamentos disponíveis em duas extremidades interligados através de um meio de transmissão. O funcionamento deste comando, consiste no envio de pacotes do equipamento no local de partida para o equipamento de destino. Sempre que o equipamento de destino estiver activo, haverá uma resposta que será devolvida ao computador solicitante.

Segundo [www.test-net.org](http://www.test-net.org), a ferramenta *Ping* (teste de latência) é um utilitário de sistema utilizado para teste de latência em sua rede. Ela mede o tempo redondo para as mensagens enviadas a partir do *host* para uma máquina terminal e a latência. A ferramenta *Ping* funciona enviando Internet Control Message Protocol (ICMP) parcelas de demanda de informações para o alvo para ter uma reacção ICMP. A ferramenta de *ping* durante o tempo inteiro mede o

---

tempo de transmissão para a colecta e registo de qualquer informação temporal de comunicação. As sequências de teste da ferramenta de *ping* são impressas sob um esboço factual das parcelas de reação obtida, incluindo a base, mais extrema, e os tempos médios de tempo de comunicação. [Ver Apêndices 5 e 6].

### **2.3. Métodos e Modelos de Avaliação da Latência**

Em seguida serão apresentados os métodos e modelos de avaliação da latência para a presente pesquisa Makridakis e Wheelwright (1985).

#### **2.3.1. Previsão e as Técnicas de Previsão**

Pode-se dizer que quando se planeia o futuro, levando em conta qualquer expectativa, informação completa e/ou incompleta, projecção, estimativa, cálculo explanatório e/ou exploratório, normalização, e até séries de tempo, estamos fazendo *forecasting*. A seguir apresenta-se uma importante observação para esclarecimento e adopção de um termo mais adequado para a nossa língua.

##### **2.3.1.1. Forecasting ou Prognosticar?**

É importante entender que não existe termo em português que se equivalha, no seu sentido completo, ao termo em inglês. Em espanhol, usa-se o termo *pronosticación* – prognosticar, do verbo *prognosticar* (predizer, perseguir, profetizar, conjecturar, anunciar, prenunciar) para o português. Na ausência de um termo em português na literatura consultada, definiu-se e lançou-se o uso do termo *previsão* para denotar o sentido completo do termo em inglês, *forecasting*.

Assim neste trabalho, este autor iguala conceitualmente *forecasting* a prognosticar ou previsão Makridakis e Wheelwright (1985).

##### **2.3.1.2. Tipos de Previsão (Previsões)**

As organizações utilizam três grandes tipos de previsões:

- Previsões Económicas,
- Previsões Tecnológicas, e
- Previsões da Procura.

---

a) **Previsões Económicas:**

Analisam o ciclo de negócio através da previsão das taxas de inflação, oferta monetária;

b) **Previsões Tecnológicas:**

Preocupam-se com a taxa do progresso tecnológico, que podem resultar no nascimento de novos produtos, previsão específica para o presente estudo;

c) **Previsões da Procura:**

Projecta a procura pelos produtos e serviços da empresa.

## 2.4. Previsão da Latência (séries temporais)

A previsão não constitui um fim em si, mas um meio de fornecer informações e subsídios para uma conseqüente tomada de decisão, visando atingir determinados objectivos. Considerando um conjunto de observações, de uma série temporal, colectados até o instante  $t$  e de um modelo que represente esses fenómenos, a previsão do valor da série no tempo  $t+h$  pode ser obtida.

Dependendo do horizonte de previsão, classificamos os prognósticos dos valores futuros de uma série temporal como de curto, médio ou longo prazo. Desse modo, diante da possibilidade de existência de diferentes horizontes de previsão, de acordo com Makridakis (1983), existem técnicas distintas para prognosticar os valores futuros de uma série temporal:

- ✓ **Previsão múltiplos passos:** Esta abordagem, adoptada para longos horizontes de previsão, procura identificar as tendências gerais e os pontos de inflexão mais relevantes na série temporal. Na previsão em múltiplos passos, o conjunto de valores correntes é empregado na realização da previsão para determinado instante; esta previsão é, então, introduzida entre as observações passadas, compondo, desta forma, um novo conjunto de dados, sobre o qual será obtida a previsão do tempo subsequente;
- ✓ **Previsão simples passo:** Nesta técnica não há incorporação de prognósticos aos dados utilizados para encontrar a próxima previsão, sendo esta, independente dos valores anteriormente prognosticados.

A previsão é feita apenas para o período de tempo imediatamente posterior ao actual, a partir das observações da série temporal. A garantia da optimizada precisão da previsão de uma

---

série temporal somente é alcançada adoptando como horizonte de previsão o instante de tempo imediatamente subsequente à origem  $t$ .

Naturalmente, a investigação do poder preditivo do modelo especificado como o mais adequado para explicar o mecanismo gerador das observações de uma série temporal, é um processo empírico de verificação, visto que são feitas comparações entre os prognósticos e as observações, a fim de confirmar a habilidade do modelo matemático em descrever a estrutura definida pelos dados da série temporal analisada. É importante salientar que o carácter preditivo de um determinado modelo, não pode ser sustentado quando forem identificadas mudanças estruturais nas observações obtidas a partir da origem, em relação àquelas utilizadas para a elaboração do modelo.

#### **2.4.1. Modelos de previsão da Latência (séries temporais)**

Muitas técnicas de prognosticar ou previsão foram desenvolvidas para lidar com as mais diversas situações que exigem respostas antecipadas à tomada de decisão. Cada técnica possui características próprias, grau de precisão e custo de utilização, os quais devem ser considerados na escolha de um método específico. Estas técnicas caem em duas grandes categorias - quantitativas e qualitativas ou métodos tecnológicos. Métodos quantitativos podem ainda se dividir em séries de tempo e métodos causais ou exploratórios; e métodos qualitativos podem se dividir em métodos exploratórios e métodos normativos. As técnicas de previsão abordadas na presente pesquisa são os Modelos de previsão quantitativos que se aplicam às séries temporais através do uso de técnicas de alisamento que foram apresentadas detalhadamente mais adiante para a previsão da latência em fibra óptica.

A aplicabilidade de um sistema de previsão quantitativa depende de três condições:

- ✓ Disponibilidade de informações históricas;
- ✓ Possibilidade da transformação das informações históricas em dados numéricos;
- ✓ Suposição da repetição de padrões observados em dados passados no tempo futuro.

Esta última consideração é conhecida como suposição de continuidade. Tal condição é uma premissa básica para a utilização de Modelos de previsão quantitativos.

Uma boa técnica de previsão quantitativa, consiste num cálculo matemático e/ou estatístico usado para transformar parâmetros numéricos e dados históricos em quantidades previstas. Inclui a elaboração de modelos de séries temporais, ou de modelos de regressão. Somente as

---

técnicas por si só não são suficientes para eliminar as complexidades do processo no actual contexto industrial. Desta forma, é cada vez mais evidente que previsões acuradas necessitam de integração de técnicas de previsão com apropriados sistemas administrativos e de apoio.

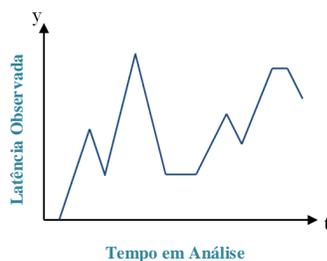
Os procedimentos metodológicos de previsão quantitativa encontram-se num meio contínuo entre dois extremos: métodos cãndidos (naive methods) e intuitivos (ou leigos), e métodos quantitativos formais baseados em princípios estatísticos - matemáticos. Os métodos cãndidos são simples e fáceis de usar, mas nem sempre são tão acurados quanto os métodos quantitativos formais. De acordo com Wheelwright (1983), por causa desta limitação, seu uso tem caído acentuadamente, enquanto os métodos formais, pelo contrário.

Segundo Fogliatto (2001), nos Estados Unidos de América e América Latina a grande maioria das empresas ainda usa esses métodos cãndidos, ou porque não se conhece nada sobre os métodos formais ou porque preferem uma abordagem subjectiva para previsão em detrimento de abordagens mais objectivas.

Os modelos de previsão de séries temporais, classificados como métodos quantitativos, baseiam suas previsões na extrapolação de características de observações passadas e no inter-relacionamento entre essas observações, fornecendo previsões acuradas desde que o futuro apresente comportamento similar ao passado.

#### **2.4.2. Características e métodos de modelação da Latência (séries temporais)**

Segundo Ehlers (2005), uma série temporal é uma colecção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. A característica mais importante deste tipo de dados é que observações vizinhas são dependentes e o maior interesse de pesquisadores é analisar e modelar esta dependência. Também podemos chamar de série temporal a um conjunto de observações ordenadas no tempo, comumente em intervalos iguais. Uma série temporal pode ser representada ilustrativamente, através de um gráfico de Y em função de t (tempo), num sistema de eixos cartesianos.



**Figura 5:** Exemplo de uma série temporal

---

O estudo de séries temporais pressupõe que o comportamento dos dados no passado e no presente estão interligados e faz uso deste comportamento, para prever possíveis variações dos dados no futuro. A previsão é um dos objectivos principais do uso de séries temporais Cardoso (2005).

(Morettin et al. 2004) mostram que, quando se analisa uma série temporal os objectivos básicos são:

- i) Modelagem do fenómeno sob consideração;
- ii) Obtenção de conclusões em termos estatísticos;
- iii) Avaliação da adequação do modelo em termos de previsão.

Deste modo, as séries temporais dependem de dados históricos e são utilizadas em modelos de previsão.

O objectivo fundamental da análise de uma série temporal é determinar as suas componentes básicas buscando identificar um padrão de comportamento da série que possibilite fazer previsões (Makridakis et al. 1998).

No entanto, para a análise de qualquer série temporal, é essencial que, primeiramente, os dados sejam visualizados gráfico, a fim de se obter uma visão qualitativa geral do seu comportamento (Fonseca et al. 1995). Entretanto, a inspecção visual do comportamento da série é apenas um direccionador sendo necessárias análises estatísticas para uma conclusão mais detalhada sobre o comportamento da série.

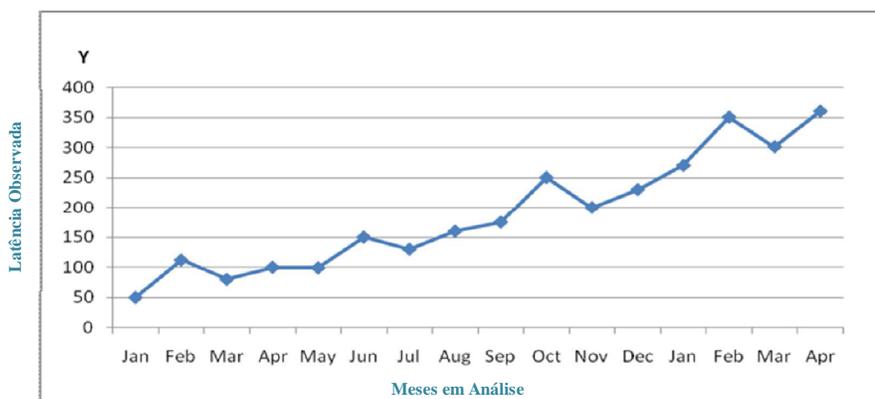
Segundo Cardoso (2005), as curvas obtidas pelas séries temporais podem conter tendências, sazonalidades, variações irregulares e variações randómicas.

#### **2.4.2.1. Componente tendencial**

Também chamada de tendência ou tendência secular. É um movimento evolutivo que traduz a influência de factores que fazem com que o fenómeno tenha a sua intensidade aumentada ou diminuída ao longo do tempo.

Esta componente se caracteriza, portanto, como um movimento ascendente ou descendente de longa duração (períodos maiores de que um ano).

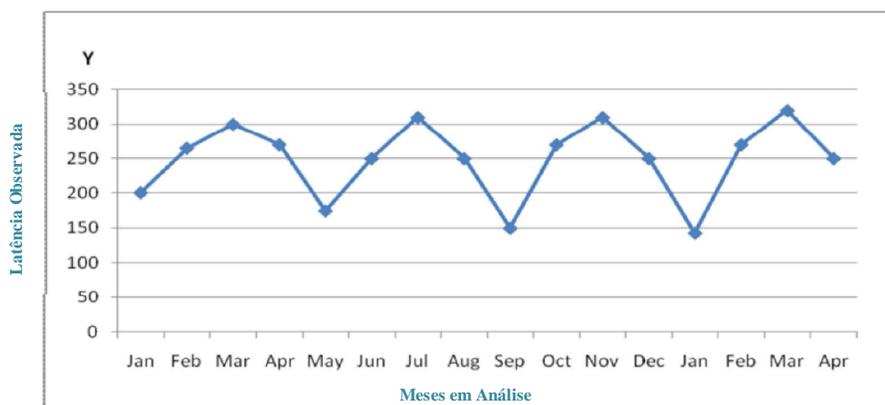
Quando uma série temporal não apresenta qualquer tipo de tendência, ascendente nem descendente, ela é chamada de “série estacionária”.



**Figura 6:** Série com tendência

#### 2.4.2.2. Componente sazonal

As variações sazonais são flutuações que se repetem periodicamente, acompanhando um padrão temporal (relacionadas ao factor tempo), como por exemplo, influências climáticas ou a demanda por algum produto ocorrem somente em determinado período do ano, onde se pode verificar a tendência de picos de vendas. A sazonalidade refere-se às mudanças ou variações cíclicas de curto prazo. São bastante parecidos com os cíclicos, com a diferença de que os fenómenos cíclicos são caracterizados por variações que oscilam em torno da tendência a intervalos aproximadamente regulares de tempo e em longo prazo.



**Figura 7:** Série Sazonal

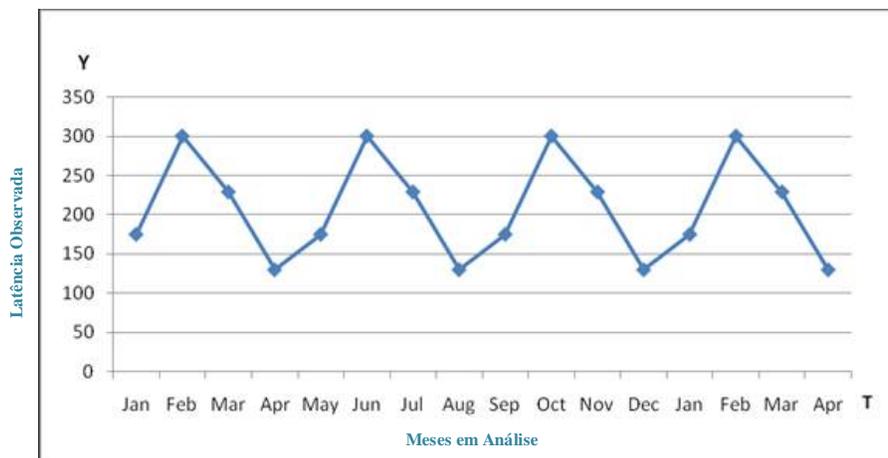
---

### 2.4.2.3. Componente cíclica

É um movimento oscilatório de longa duração que exprime a influência de factores aleatórios de acção reiterada. Tal componente indica as fases de expansão e contracção das actividades económicas, sendo de duração não fixa.

Em geral quanto aos ciclos, podemos denominar:

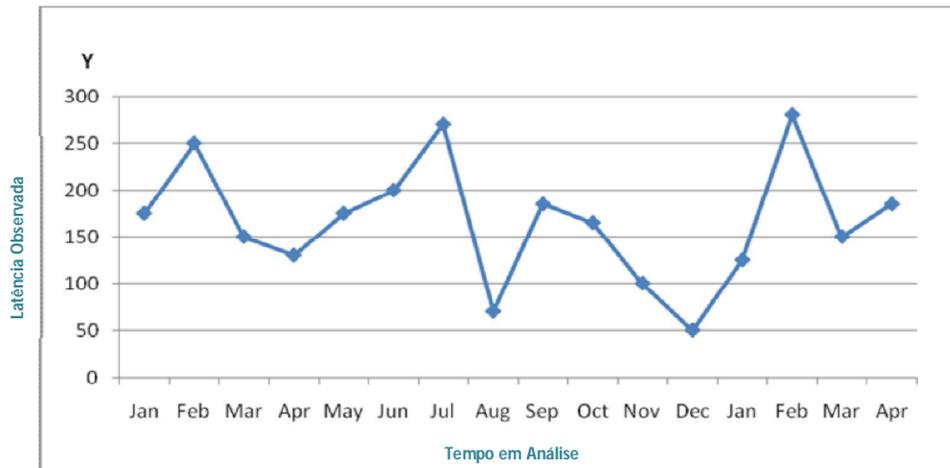
- ✓ Ciclos longos: duração de mais ou menos cinquenta anos;
- ✓ Ciclos médios: duração de mais ou menos dez anos;
- ✓ Ciclos curtos: duração de dois a sete anos.



**Figura 8:** Série Cíclica

### 2.4.2.4. Componente aleatória

Também chamada de componente irregular. É um movimento oscilatório de curta duração e de grande instabilidade que exprime a influência de factores casuais, como por exemplo, secas, enchentes, greves, eleições, etc.



**Figura 9:** Série Aleatória (Horizontal)

A diferença entre sazonal e cíclico é que usa-se o termo sazonal para ocorrências em pontos determinadas do tempo, enquanto o termo cíclico define ocorrências sem pontos claros de início e fim no tempo.

A natureza de uma série temporal e a estrutura de seu mecanismo gerador estão relacionadas com o intervalo de ocorrência das observações no tempo. Caso o levantamento das observações da série possa ser feito a qualquer momento do tempo, a série temporal é dita contínua, sendo denotada por  $X(t)$ . Entretanto, na maioria das séries, as observações são tomadas em intervalos de tempo discretos e equidistantes.

#### 2.4.2.5. A acuracidade dos modelos de previsão (quantitativos)

Como medir a adequação de um modelo particular de previsão para um conjunto de dados? Na grande maioria das situações de previsão, a acuracidade é o critério de selecção de um modelo. Em muitas instâncias, a palavra acuracidade se refere à adequação do ajuste, o qual por sua vez se refere a quão bem o modelo de previsão é capaz de reproduzir os dados que já são sabidos de antemão. Na modelagem de métodos explanatórios (causais), a adequação do ajuste é predominante. Na modelagem de séries temporais, é possível usar um subconjunto dos dados já conhecidos para prognosticar o restante destes dados conhecidos, habilitando um para estudar a acuracidade dos prognósticos mais directamente.

Para os usuários das informações prognosticadas, é a acuracidade do futuro valor prognosticado que é mais importante. Para o modelador, é a adequação do ajuste do modelo aos fatos conhecidos que devem ser almejados. Os tipos de questões que frequentemente surgem são as que seguem:

- 
- a) Que acuracidade adicional pode ser atingida em uma dada situação através do uso de uma técnica formal de previsão?;
  - b) Para uma dada situação, quantas melhorias podem ser obtidas na acuracidade dos prognósticos?;
  - c) Se a oportunidade de se atingir grande acuracidade em uma situação é entendida, como que esse conhecimento ajudaria na selecção da técnica mais apropriada de previsão?.

Uma variedade de medições da acuracidade da previsão (ou da modelagem) será apresentada a seguir, segundo Makridakis (1983).

### **2.4.3. Modelos de Avaliação da Previsão da Latência**

Neste trabalho serão estimadas as previsões com base nos modelos que asseguir são descritos detalhadamente:

#### **2.4.3.1. Alisamento Exponencial Simples**

A princípio, o método conhecido como Alisamento Exponencial Simples se assemelha ao da Média Móvel por extrair das observações da série temporal o comportamento aleatório pelo alisamento dos dados históricos. Entretanto, a inovação introduzida pelo Alisamento Exponencial Simples advém do fato de este método atribuir pesos diferentes a cada observação da série. Enquanto que na Média Móvel as observações usadas para encontrar a previsão do valor futuro contribuem em igual proporção para o cálculo dessa previsão, no Alisamento Exponencial Simples as informações mais recentes são evidenciadas pela aplicação de um factor que determina essa importância Wheelwright (1985).

Ainda na esteira de Wheelwright (1985), o argumento para o tratamento diferenciado das observações da série temporal é fundamentado na suposição de que as últimas observações contém mais informações sobre o futuro e, portanto, são mais relevantes para a previsão.

(Wheelwright, 1985) especifica o método Alisamento Exponencial Simples através da equação:

$$F_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha)F_t$$

Onde  $F_{t+1}$  representa a previsão no tempo  $t + 1$  e  $\alpha$  é o peso atribuído à observação  $x_t$ ,  $0 < \alpha < 1$ .

---

De acordo com Morettin (1981) e Granger (1977), o valor assumido por determina o ajuste aplicado aos dados. Quanto menor o valor da constante, mais estáveis serão as previsões, visto que a utilização de baixo valor de implica na atribuição de peso maior às observações passadas e, conseqüentemente, qualquer flutuação aleatória no presente contribui com menor importância para a obtenção da previsão. Contudo, não há metodologia que oriente quanto à seleção de um valor apropriado para, sendo normalmente encontrado por tentativa e erro Wheelwright (1985). Um procedimento mais objectivo seria a selecção do valor de que forneça a "melhor previsão das observações contidas na série temporal" Morettin (1981).

#### 2.4.3.2. Alisamento Exponencial Linear

Quando o método Alisamento Exponencial Simples é aplicado na previsão de séries temporais que apresentam tendência entre as observações passadas, os valores prognosticados superestimam ou subestimam os valores reais Morettin (1981). Desta forma, a acuidade das previsões fica prejudicada.

Para evitar esse erro sistemático, o método Alisamento Exponencial Linear foi desenvolvido procurando reconhecer a presença de tendência na série de dados Wheelwright (1985). O valor da previsão obtido através deste método é alcançado pela aplicação da equação abaixo.

$$F_{t+m} = S_t + mT_t$$

Onde  $S_t$  corresponde à previsão no tempo  $t$ , conforme equação de  $S_t$  abaixo;

$T_t$  Representa a componente de tendência, obtida pela equação de  $T_t$  abaixo, e  $m$  é o horizonte de previsão.

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

Onde  $\alpha$  é o peso atribuído à observação

$$T_t, 0 < \alpha < 1. \quad T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Onde  $\beta$  é o coeficiente de alisamento, análogo a  $\alpha$ .

---

### 2.4.3.3. Alisamento Exponencial Sazonal e Linear de Winter

Este método produz resultados similares ao Alisamento Exponencial Linear, sendo, no entanto, capaz de manipular séries temporais que além de apresentarem tendência nos dados, apresentam também sazonalidade Wheelwright (1985).

As equações abaixo definem o referido método de previsão.

$$S_t = \alpha \frac{x_t}{l_{t-1}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$L_t = \gamma \frac{x_t}{S_t} + (1 - \gamma)l_{t-1}$$

$$F_{t+m} = (S_t + mT_t)l_{t-1+m}$$

Onde:

$l_t$  Corresponde ao alisamento do fator de sazonalidade  $\frac{x_t}{S_t}$ ;

$l$  é o intervalo da sazonalidade, e

$\gamma$  Corresponde ao peso atribuído ao factor de sazonalidade.

### 2.4.4. Outros Modelos de alisamento

Além dos Modelos de alisamento discutidos aqui, muitos outros Modelos têm sido propostos. Segundo Makridakis (1983), estes Modelos envolvem computações extensivas e são matematicamente complicados, desta forma, estes Modelos não têm sido adoptados como Modelos práticos. A seguir cito alguns desses Modelos encontrados na literatura consultada, e que podem ser investigados em um outro trabalho futuro:

- ✓ Método de Controle Adaptativo de Chow;
- ✓ Método Adaptativo com Um Parâmetro de Brown;
- ✓ Alisamento com Três Parâmetros de Box-Jenkins;
- ✓ Método do Alisamento Harmónico de Harrison.

---

## 2.4.5. Uma comparação dos modelos

Uma variedade de modelo será apresentada no trabalho, e uma pergunta pragmática deve ser feita: como um prognosticador pode escolher o modelo correcto para um conjunto de dados? Para responder esta questão, o julgamento humano tem que estar envolvido, mas existem algumas sugestões úteis a se tomar. O objectivo principal é decidir sobre a natureza da tendência (se existir) e da sazonalidade (se existir). Se isso puder ser identificado, então o componente aleatório não é dominante.

- ✓ Uma das melhores maneiras de se identificar estes componentes é através da arrumação ou organização dos dados, onde o prognosticador pode conjecturar sobre suas existências ou não;
- ✓ Uma outra abordagem para se determinar o padrão nos dados é estudar as autocorrelações, procedimento que está fora do escopo da presente pesquisa.

Para uma visão geral da abordagem de cada método, irá se realizar uma competição entre estes para se comparar os Modelos de alisamento. Consideraremos a tabela 5 que é protótipo e apresenta o conjunto de dados que foram utilizados para a presente pesquisa. Foram realizadas diferentes análises (medidas estatísticas) para o mesmo conjunto de dados no capítulo de resultados e discussão do presente trabalho tendo como base fonte: Makridakis, S., Forecasting: Methods and Applications, pág. 103, 1983.

Mês	Príodo	Latência (em Milissegundos)	Fonte
Julho	08:00 - 10:00	320	Google.com
	10:00 - 12:00	360	Google.com
	12:00 - 14:00	326	Google.com
	14:00 - 16:00	328	Google.com
	16:00 - 18:00	380	Google.com
	18:00 - 20:00	323	Google.com
	20:00 - 22:00	322	Google.com
	22:00 - 24:00	325	Google.com
	24:00 - 02:00	328	Google.com
	02:00 - 04:00	325	Google.com

**Tabela 2:** (Parte da base de dados da pesquisa)

---

### 2.4.5.1. Medidas estatísticas padrão

Se  $X_i$  é o actual dado para o período de tempo  $i$  e  $F_i$  é o prognóstico (ou valor ajustado) para o mesmo período, então o erro é definido como,

$$e_i = X_i - F_i$$

Se existem observações e valores ajustados para  $n$  períodos de tempo, então existirão  $n$  termos de erro, e as seguintes medidas estatísticas padrão podem ser definidas:

**Erro médio:** 
$$EM = \sum_{i=1}^n e_i / n$$

**Erro absoluto médio:** 
$$EAM = \sum_{i=1}^n |e_i| / n$$

**Soma dos erros quadrados:** 
$$SEQ = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

**Erro médio quadrado:** 
$$EMQ = \sum_{i=1}^n e_i^2 / n$$

**Desvio padrão dos erros:** 
$$DEP = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 / (n - 1)}$$

É importante reconhecer as limitações de cada uma destas medidas. Por exemplo, o objectivo da optimização estatística é frequentemente escolher um modelo que minimize o EMQ (ou o SEQ).

Na fase de previsão, o uso do EMQ como uma medida de acuracidade pode também criar problemas. Esta métrica não facilita a comparação através de diferentes séries temporais e para diferentes intervalos de tempo, desde que o EMQ seja uma medida absoluta. Além do mais, sua interpretação não é intuitiva mesmo para os especialistas porque envolve a elevação ao quadrado de uma faixa de valores.

### 2.4.5.2. Medidas relativas

Uma vez que existem tais dificuldades, medidas (métricas) alternativas têm sido propostas, entre as quais estão aquelas que tratam com erros percentuais. Segundo Wheelwright (1983), as três seguintes medidas estão entre as mais frequentemente usadas:

---

**Erro percentual:**

$$EP = \frac{X_t \cdot F_t}{X_T}$$

**Erro percentual médio:**

$$EPM = \sum_{i=1}^n EP_i / n$$

**Erro percentual absoluto médio:**

$$EPM = \sum_{i=1}^n |EP_i| / n$$

A equação ( $EP$ ) pode ser usada para computar os erros percentuais para qualquer período de tempo. Então, com essas medidas pode se tirar uma média como na equação ( $EPM$ ) para termos o erro percentual médio.

É mais fácil interpretar um resultado em termos percentuais, por exemplo, sabendo que o EPAM de um método é 5%, trás o significado de um bom ajuste; com um entendimento melhor do que simplesmente saber que o EMQ é 183. Contudo, mesmo o EPAM sozinho não fornece uma boa base de comparação quanto aos ganhos de acuracidade feitos pela aplicação de um método específico de previsão. Uma das maneiras de efectuarmos essa base de comparação é definir alguns Modelos muito simples e compará-los com a performance daqueles Modelos mais sofisticados.

Segundo Mcgee (1983) é útil definir dois diferentes métodos cãndidos de previsão para serem usados como uma base na avaliação de outros métodos em uma situação dada. O primeiro método cãndido está referenciado como *NF1 – Naive Forecast 1*. Este método usa como uma previsão a mais recente informação disponível com respeito ao valor actual. Desta forma, se uma previsão está sendo preparada para um horizonte de tempo de um período, o mais recente valor actual poderia ser usado como a previsão para o próximo período. Quando isso é feito, o EPAM deste método pode ser expresso como segue:

$$NF1 = \frac{\sum_{i=2}^n \left| \frac{(X_i - X_{i-1})}{X_i} \right|}{n - 1}$$

Somente  $n-1$  termos são incluídos no cômputo do EPAM desta previsão cãndida, desde que a previsão começa melhor com o período 2 do que com o período 1. A diferença entre o EPAM obtido de um método formal de previsão e aquele obtido usando o NF1, os proporciona uma medida do melhoramento atingido através do uso daquele método formal de previsão.

---

Segundo Mcgee (1983), esse tipo de comparação é muito mais útil do que simplesmente computar o EPAM de um método formal ou o EMQ, desde que este proporcione uma base para avaliação da relativa acuracidade dos resultados. Ao final do trabalho, apresentamos algumas considerações sobre essas medidas.

Um segundo método cândido de previsão, segundo Theill (1966) tem sido considerado ser extremamente útil como uma base para a avaliação de mais Modelos de previsão. Este método está referenciado como NF2 – Naive Forecast 2, e vai além do NF1 no que diz respeito a possibilidade de existência de sazonalidade na série temporal. Ainda segundo Makridakis (1983), desde que a sazonalidade frequentemente contabiliza uma percentagem substancial das flutuações em uma série temporal, este método pode frequentemente superar NF1 e além do que, ainda é um método com uma abordagem bastante simples. O procedimento consiste em retirarmos a sazonalidade dos dados originais com o objectivo de obter dados sazonalmente ajustados, procedimento este que se configura como um método de decomposição, o qual não abordarei neste trabalho.

Uma vez que sazonalidade foi removida, NF2 é comparável à NF1 no que diz respeito ao uso dos mais recentes valores ajustados como uma previsão para o próximo valor sazonalmente ajustado. Calcula-se NF2 (ou EPAM) como segue:

$$NF2 = \frac{\sum_{i=2}^n \left| \frac{X'_i \cdot X'_{i-1}}{X'_i} \right|}{n-1}$$

Onde:

X é o valor sazonalmente ajustado de  $X_i$ .

### 2.4.5.3. Estatística-U de Theil

As medidas relativas vistas, anteriormente, dão valores iguais aos pesos de todos os erros, em contraste com o uso do EMQ, o qual eleva ao quadrado os erros e desta forma enfatiza os erros maiores. Theill (1966) entendeu que seria muito útil uma medida que considerasse os custos da desproporcionalidade de grandes erros e proviesse uma relativa base para comparação com os métodos cândidos, e assim desenvolveu a estatística-U que contém ambas as características.

Segundo Wheelwright (1983), esta estatística permite uma relativa comparação dos métodos formais de previsão com métodos cêndidos e também permite os quadrados dos erros envolvidos, de forma que aos grandes erros são dados pesos maiores do que para os erros pequenos. Matematicamente a estatística-U é definida como:

Segundo a fórmula de U – Estatístico teremos:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{F_{i+1} X_{i+1}}{X_i}}{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{X_{i+1} X_i}{X_i}}} \quad U = \sqrt{\frac{(\text{Numerador})}{(\text{Denominador})}}$$

Onde:

$$\text{Numerador} = \left( \frac{F_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t} \right)^2 \quad \text{Denominador} = \left( \frac{F_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2$$

Formula Final:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{F_{t+1} - Y_t - Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}} \Rightarrow U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{F_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t} \right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}}$$

A estatística-U de Theil pode ser mais bem entendida através do exame de sua interpretação. Assim temos, segundo Wheelwright (1983):

**U = 1:** O método cêndido é tão bom quanto a técnica de previsão que está sendo avaliada;

**U < 1:** O método de previsão que utilizado é melhor do que o método cêndido. Quanto menor a estatística-U, melhor estará o método de previsão com relação com o método cêndido;

**U > 1:** Não existe nenhuma razão em se utilizar métodos formais de previsão, desde que somente o uso de um método cêndido produzirá melhores resultados.

---

### 2.4.6. Outras medidas

Uma outra medida necessita ser mencionada. É a estatística de Durbin- Watson (designada aqui por D-W). Segundo Makridakis (1983), esta medida é muito útil para indicar se ainda resta algum padrão nos erros (ou resíduos) depois da aplicação de um modelo de previsão do que como medida de acuracidade. Calcula-se como segue:

$$3. \quad DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

Se, depois de ajustar um modelo de previsão, os erros forem essencialmente aleatórios, então a estatística de D-W será por volta do valor 2. Se existir autocorrelação positiva no conjunto dos erros, então a estatística de D-W será menor que 2. Se existir autocorrelação negativa presente nos erros, então a estatística de D-W será maior que 2. A faixa de valores da estatística de D-W é de 0 até 4, e o mecanismo teórico desta estatística é muito complexo, assim na prática, são utilizadas tabelas para testar a significância aproximada desta estatística.

Uma medida alternativa de acuracidade à estatística-U e que ainda lhe é muito similar em conceito, é aquela sugestionada por McLaughlin (1980), referida em inglês como “batting average”. A escala da batting average varia entre 200 e 400 com o valor assumindo uma interpretação similar à estatística-U para o valor da unidade. Mas possui a característica de interpretação de que quanto maior esse número, melhor o modelo se apresenta. Podemos calcular a *batting average* de McLaughlin através dos valores da estatística-U, subtraindo-a de 4 e multiplicando o resultado por 100.

Medidas Relativas da Acuracidade da Previsão	
Estatística – U de Theil	Batting Average de McLaughlin
0	$(4 - 0) \times 100 = 400$
0,5	$(4 - 0,5) \times 100 = 350$
1,0	$(4 - 1) \times 100 = 300$
1,5	$(4 - 1,5) \times 100 = 250$
2,0	$(4 - 2) \times 100 = 200$

**Tabela 3:** Medidas Relativas da Previsão

Fonte: Makridakis, S., Forecasting: Methods and Applications, pág. 52, 1983

---

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os modelos necessários para a realização da presente pesquisa, faz-se referência a teorias probabilísticas da autoria do Pierre Simon Laplace, considerado o fundador da teoria das probabilidades. Os modelos de previsão como principais modelos de análise de dados, ilustraram as etapas para a sua aplicação econométrica na análise e previsão da latência para a presente pesquisa.

Tratando-se de uma pesquisa exploratória onde o objectivo é proporcionar maior familiaridade com o problema com vista a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses, a abordagem da presente pesquisa tem como objectivo principal o aprimoramento de ideias ou seja a descoberta de intuições com vista a análise de exemplos que “estimulem a compreensão” (Selltiz et al. 1967, p.63). Serão aplicados os Modelos de previsão da latência na fibra óptica para perceber o comportamento da latência do presente cabo submarino Internacional, analisando comparativamente com os padrões Internacionais recomendados nesta tecnologia de meios de transmissão na Comunicação e serão apresentados os factores possíveis que poderão influenciar a latência.

#### 3.1. Método e técnica de pesquisa

Segundo GIL (1995), o método científico é definido como um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos utilizados para se alcançar o conhecimento. O método científico a utilizar na pesquisa é indutivo, pois as generalizações serão fruto de constatações particulares da realidade, já que a metodologia proposta baseia-se em revisão bibliográfica de características e aplicações de diferentes modelos de previsão.

A pesquisa bibliográfica é de fundamental importância na elaboração da metodologia de escolha de modelos de previsão, sendo a exploração da literatura sobre o tema a base para atingir os objectivos desta dissertação. O estudo de caso é utilizado devido a sua relativa simplicidade e economia na colecta de dados, e sua aplicabilidade em situações em que o objecto do estudo é conhecido.

O desenvolvimento da presente tese foi realizado em quatro etapas. A primeira etapa do trabalho, depois da consulta de dados históricos referentes a latência segundo o Apêndice (1 e

---

2), foi a revisão da literatura sobre latência em fibra óptica, aplicação de Modelos de previsão e os factores para a selecção dos Modelos de previsão antecedida pela análise da Variância (ANOVA).

A segunda etapa consistiu na apresentação dos Modelos de previsão da fibra óptica e a terceira foi a escolha, dentre os modelos apresentados, o que melhor se ajusta aos dados.

A última etapa foi a previsão da fibra óptica utilizando o modelo proposto e posteriormente fez-se a análise da acurácia das previsões obtidas.

O processamento de dados foi feito com auxílio do pacote SPSS na sua versão 13.0 e todas as hipóteses dos testes estatísticos foram realizados a um nível de significância de 5%. Parte da compilação e apresentação gráfica dos resultados do SPSS recorreu-se ao uso do MS Excel 2010 e outros pacotes auxiliares do MS Office.

## **3.2. Colecta de dados**

Segundo a natureza do estudo, tratando-se de uma pesquisa exploratória por conveniência os dados foram colhidos em tempo real pelo sistema através do computador com recurso ao comando *Ping*. Efectuamos a consulta e colecta de dados que nos permitiram ter uma amostra significativa de 100 casos de latências observadas por cada fonte para a presente pesquisa. Tratando-se de uma amostra por conveniência, não se levanta a questão da sua aleatoriedade e estratificação para garantir a sua representatividade. Deste modo a amostra está desenhada para ser representativa e fornecer estimativas ao nível da presente pesquisa uma vez que esta constitui a única e a melhor fonte precisa para a consulta e recolha de dados referentes a latência (Selltiz et al. 1967, p.63).

### **3.2.1. Técnica e abordagem de colecta de dados**

A colecta de dados de latência para a presente pesquisa foi feita a partir dos servidores da Gateway Communications localizado nos 33 andares na baixa da cidade do Maputo com recurso a dois circuitos Ponto a Ponto, sendo um principal e o outro redundante (Fibra e Wireless) respectivamente, para a comunicação com o *Point of Presence* – POP (Ponto de Presença) da SEAOM localizado no bairro Costa-do-Sol em Maputo até ao POP da SEACOM em Londres. Foram utilizados dados produzidos num período de 10 meses consultados de forma directa e coleccionados dados médios de 10 Pings mensais de duas fontes diferentes, a Google e IP 217.113.83.254 e mais tarde foram agrupados em vários

---

períodos intercalados por 2 horas segundo o dia e a hora de consulta, Abril de 2013 a Janeiro de 2014 [Ver o Apêndice 1 e 2].

A decisão do uso de duas fontes diferentes Google e IP 217.113.83.254, foi para poder compreender durante a pesquisa se haveria diferenças no comportamento da latência observada nestas duas fontes, tendo em conta que uma é pública e constantemente acedida pelos usuários da Internet a nível mundial e a outra fonte é de acesso restrito pelos usuários.

### **3.3. Análise e tratamento de dados**

Em seguida iremos efectuar a análise e o tratamento de dados observados referentes a latência da fibra óptica SECOM.

#### **3.3.1. Abordagem**

Para a materialização dos objectivos do estudo, primeiro fez-se uma análise descritiva de cada série em estudo, em seguida fez-se uma análise de variância (ANOVA) para testar as hipóteses da latência média ser a mesma nos diferentes períodos de pesquisa, a latência observada ser estatisticamente igual a dos padrões Internacionais e por último, foram estimados os modelos de previsão usando o alisamento exponencial simples, o alisamento exponencial com tendência e o alisamento exponencial com tendência e sazonalidade.

#### **3.3.2. Técnica**

Assegur iremos com detalhe apresentar as técnicas de tratamento de dados referentes a latência da fibra óptica SEACOM.

##### **3.3.2.1. Análise de variância**

A análise de variância a um factor também designado por **One-Way Anova** é uma extensão do teste **t** de Student (usado na comparação de duas médias, pois o One-Way Anova permite comparar duas ou mais médias), permitindo verificar qual o efeito de uma variável independente, de natureza qualitativa, numa variável dependente ou resposta, de natureza quantitativa. Em outras palavras pode se dizer que, a Anova analisa o efeito de um factor na variável dependente, testando se as médias da variável dependente em cada categoria do factor são ou não iguais entre si. A questão central desta análise consiste em saber se as populações têm ou não médias iguais, (Pestana et al. 1998).

---

Testar a igualdade das médias requer um teste sobre a igualdade das duas variações: Uma entre os grupos e outra dentro dos grupos. O procedimento adequado para o efeito nas amostras independentes é o teste *F de Snedecor*.

O One –Way Anova, embora compare médias em dois ou mais grupos, designa-se por análise de variância devido à expressão da estatística utilizada para testar  $H_0$  ser dada por um quociente que inclui estas duas variações. Esta explicação aplica-se a todos os procedimentos Anova.

$$F_{(k-1;n-k)} = \frac{\text{Variação entre os } k \text{ grupos} / (k - 1)}{\text{Variação dentro de cada grupo} / (n - 1)} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \cdot (\bar{y}_i - \bar{y}_{global})^2}{k - 1} \cdot \frac{n - 1}{\sum_i^k \sum_j^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}$$

Onde,

$n_i$  = número de elemento no grupo  $i$ ;

$\bar{y}_i$  = média do grupo  $i$ ;

$\bar{y}_{global}$  = média global;

$y_{ij}$  = a observação  $j$  do grupo  $i$ ; com  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;

$k$  = número de categorias do factor.

Na variação entre os grupos, comparam-se as médias de cada grupo com a média global.

Na variação dentro de cada grupo compara-se cada observação com a média do seu grupo.

O numerador da estatística  $F$  obtém-se dividindo a variação explicada entre os grupos pelos correspondentes graus de liberdade ( $k - 1$ ). Esta expressão designa-se por média quadrática entre os grupos.

O denominador da estatística  $F$  obtém-se dividindo a variação dentro de cada grupo (variação não explicada ou devida ao erro amostral) pelos respectivos graus de liberdade ( $n - k$ ). Esta expressão designa-se por média quadrática dentro de cada grupo.

A expressão do teste  $F$  pode apresentar-se de seguinte modo:

---


$$F_{(k-1;n-k)} = \frac{\text{Between Group Sum of Square} / (k - 1)}{\text{Within Groups Sum of Squares} (n - 1)} = \frac{\text{Between Mean Square}}{\text{Within Means Square}}$$

Basicamente, a análise de variância simples compara a soma de quadrados entre grupos (um indicador das diferenças entre grupos) com a soma de quadrados dentro de grupos (um indicador de variabilidade ou heterogeneidade existente dentro dos grupos), depois de divididas pelos respectivos graus de liberdade e que se denominam somas médias de quadrados (MSS). As hipóteses são testadas utilizando a seguinte estatística de teste.

$$T = \frac{SSB / (k - 1)}{SSW (n - 1)} = \frac{MSSB}{MSSW} \sim F_{(k-1;n-k)}$$

Que, sob a hipótese nula, segue uma distribuição *F de Snedecor* com  $(k - 1, n - k)$  graus de liberdade.

Para determinado nível de significância  $\alpha$ , a hipótese nula de igualdade de médias entre os  $k$  grupos será rejeitada para valores de estatística do teste iguais ou superiores ao quartel de probabilidade  $(1 - \alpha)$  da distribuição  $F_{(k-1, n-k)}$ , isto é, neste ensaio de hipóteses a região crítica é sempre unilateral direita. De facto, só faz sentido rejeitar a hipótese de igualdade das  $k$  médias populacionais para valores elevados da estatística de teste, valores esses que ocorrem quando a variação entre os grupos (e devido ao factor independente) for relativamente elevada quando comparada com a variação dentro dos grupos (ou devida a erros).

### 3.3.2.2. Pressupostos

Antes de apurar quaisquer conclusões a partir dos resultados observados, é necessário verificar previamente os seguintes pressupostos para aplicação do teste *F* do One – Way Anova:

- a) As observações são independentes entre si;
- b) As observações dentro de cada grupo têm distribuição normal;
- c) As variâncias de cada grupo são iguais entre si, ou seja, há homocedasticidade.

### 3.4. Escolha do modelo

De acordo com (Makridakis, et al. 1985), a suposição básica de qualquer técnica de previsão de séries temporais é que o valor observado na série fica determinado por um padrão que se

repete no tempo e por alguma influência aleatória. Isto significa dizer que mesmo quando o padrão exacto que caracteriza o comportamento da série temporal tenha sido isolado, algum desvio ainda existirá entre os valores da previsão e os valores realmente observados. Essa aleatoriedade não pode ser prevista; entretanto, se isolada, sua magnitude pode ser estimada e usada para determinar a variação ou erro entre as observações e previsões realizadas.

A acuidade de um método de previsão pode ser mensurada através de muitas medidas de erro, dentre as quais pode-se citar (Wheelwright, 1985):

**Erro médio** 
$$EM = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \hat{x}_i)}{n}$$

Onde  $x_i$  é o valor observado no instante  $i$ ;

$\hat{x}_i$  é o valor previsto no instante  $i$  e

$n$  corresponde ao número de previsões efectuadas.

**Erro absoluto médio:** 
$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |(x_i - \hat{x}_i)|}{n}$$

**Erro quadrado médio:** 
$$EQM = \frac{\sum_{i=1}^n |(x_i - \hat{x}_i)|^2}{n}$$

**Erro percentual absoluto:** 
$$EPA = \left| \frac{(x_i - \hat{x}_i)}{x_i} \right| \cdot (100)$$

**Erro percentual médio:** 
$$EPM = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \hat{x}_i)}{x_i} \cdot (100)}{n}$$

**Erro percentual absoluto médio:** 
$$EPAM = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{(x_i - \hat{x}_i)}{x_i} \right| \cdot (100)}{n}$$

Dessa forma, a verificação da adequação de um determinado modelo supostamente representativo da série histórica de dados é dependente da medida de erro adoptada para efectuar essa validação.

---

De posse destas informações apresentadas neste capítulo, vai-se introduzir em seguida, alguns conceitos e Modelos que sustentam a Metodologia da presente pesquisa.

### 3.4.1. Análise de uma série temporal

Consiste na descrição (geralmente matemática) das componentes que cada série temporal possui. É uma investigação dos factores Tendência (T), Sazonalidade (S), Cíclicidade (C) e Aleatoriedade (A), o que frequentemente é classificado como sendo a decomposição de uma série temporal em seus movimentos componentes básicos, ou seja verificamos, determinamos e eliminamos cada uma das suas componentes.

Numa análise de uma série temporal normalmente desconsideramos a componente cíclica, devido as suas características e consideramos que a componente aleatória exista em todas as séries temporais, devido ao fato de ser praticamente impossível a sua eliminação.

A principal utilização da análise de séries temporais é a previsão de movimentos futuros, deste modo, há que identificar a existência da estacionaridade. Havendo necessidade de corrigir a estacionaridade numa série temporal, dividimos cada valor dessa série pelo seu correspondente coeficiente de estacionaridade ( $S_i$ ), que é definido por:

$$S_i = \frac{\bar{Y}_i}{\bar{Y}}$$

Onde:

$\bar{Y}_i$  Representa a média do sob período, e  $\bar{Y}$  representa a média do período.

A tendência de uma série temporal é representada matematicamente por uma equação algébrica. Para corrigirmos a tendência, determinamos a equação de tendência, que melhor se ajusta aos dados, da série estudada.

A tendência de uma série temporal é representada matematicamente pela chamada equação de tendência, que pode ser a equação de uma recta ou de uma curva, a que melhor se adequar aos dados, e é obtida através do método dos mínimos quadrados (MMQ). Vamos estudar as equações lineares e parabólicas de tendência.

- Recta de tendência: →  $Y_t = a + b_t$

- Parábola de tendência: →  $Y_t = a + b_t + c_t^2$

Os valores de a e de b, na equação linear de tendência podem ser calculados, através das seguintes fórmulas, obtidas, com base no MMQ:

$$b = \frac{\sum tY - n.t.\bar{Y}}{\sum t^2 - n.(\bar{t})^2} \quad a = \bar{Y} - b.\bar{t}$$

Os valores de a, b e c, na equação parabólica de tendência, podem ser calculados, através do seguinte sistema de equações, obtido, com base no MMQ:

$$\sum Y = n.a + b.\sum t + c.\sum t^2$$

$$\sum t.Y = a.\sum t + b.\sum t^2 + c.\sum t^3$$

$$\sum t^2.Y = a.\sum t^2 + b.\sum t^3 + c.\sum t^4$$

O valor do desvio padrão residual ( $\sigma_r$ ), através do qual podemos verificar qual a melhor equação de tendência, pode ser calculado pela formula:

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y_i)^2}{n}}$$

### 3.4.2. Previsão de movimentos futuros

Sendo a principal utilidade de uma série temporal a previsão de movimentos futuros, esta é feita, levando-se em conta as componentes que a série temporal possui, e pode ser feita através das seguintes fórmulas:

- a) Se a série temporal possuir tendência, estacionaridade e aleatoriedade (TEA), a previsão poderá ser feita por:  $Y_t . S_i$
- b) Se a série temporal possuir tendência e aleatoriedade (TA), a previsão poderá ser feita por:  $Y_t$
- c) Se a série temporal for estacionária e possuir estacionaridade e aleatoriedade (EA), a previsão poderá ser feita por:  $Y_t . S_i$
- d) Se a série temporal for estacionária e possuir aleatoriedade (A), a previsão poderá ser feita por:  $\bar{Y}$ .

---

### 3.4.3. Processo estocástico estacionário

Segundo Gujarati (2006), um processo estocástico é um conjunto de variáveis aleatórias ordenadas no tempo. E, diz-se que um processo estocástico é estacionário quando a sua média e a sua variância são constantes ao longo do tempo e quando o valor da covariância entre dois períodos de tempo depende apenas da distância, do intervalo ou da defasagem entre os dois períodos, e não do próprio tempo em que a covariância é calculada.

### 3.4.4. Testes de Raiz Unitária ou de Estacionaridade

Segundo (Makridakis et al. 1998), existem na literatura inúmeros testes que permitem analisar a questão da ordem de integração de uma série observada  $x_t$ . Estes testes são geralmente conhecidos como testes de não estacionaridade ou testes de raiz unitária, termo utilizado por analogia com a determinação das raízes da equação característica de uma equação com diferenças. Um dos testes de raiz unitária mais populares entre os investigadores é o teste Aumentado de Dickey-Fuller (*Augmented Dickey-Fuller test* ou ADF). O teste ADF, também conhecido por teste  $\tau$  Dickey e Fuller (1979, 1981), baseia-se na regressão para a variável  $x_t$ .

O procedimento usual nos testes ADF consiste em testar a hipótese nula  $\rho = 1$  (existência de uma raiz unitária) para a variável em níveis ( $x_t$ ) e em primeiras diferenças ( $\Delta x_t$ ), contra a hipótese alternativa  $|\rho| < 1$  (estacionaridade). Na verdade, no caso mais geral, a hipótese nula testa a existência de uma tendência estocástica (não estacionária) contra a hipótese alternativa de existência de uma tendência determinística (estacionária). Este teste pode considerar a existência de uma constante e uma tendência linear ( $\tau_\tau$ ), de uma constante ( $\tau_\mu$ ) ou de nenhuma delas ( $\tau$ ).

Se a hipótese nula não for rejeitada em níveis mas apenas em primeiras diferenças, então a variável é integrada de primeira ordem ( $x_t \sim I(1)$ ) e se a hipótese nula for apenas rejeitada em segundas diferenças, a variável é integrada de segunda ordem ( $x_t \sim I(2)$ ) e assim sucessivamente.

### 3.4.5. Modelos de Regressão

Os Modelos de regressão possuem três aspectos em especial: O primeiro, quanto à estrutura (ou modelo); o segundo, quanto à classificação; e terceiro quanto às qualidades desejáveis do modelo (Makridakis et al. 1998).

---

Quanto à classificação dos modelos de regressão, estes podem ser lineares, representados por funções algébricas de primeiro grau; e não lineares, que assumem formas exponenciais ou quadráticas.

Para a qualidade desejável ao modelo de regressão, pode-se avaliá-lo segundo sua plausibilidade, exactidão, simplicidade das previsões, etc.

O objectivo dos modelos de regressão é explicar uma ou várias variáveis de interesse em função de outras variáveis (explicativas) Ehlers (2003).

Os modelos de regressão clássicos têm um forte apelo por sua difusão, sendo disponíveis em vários softwares e de fácil utilização Morettin (2004).

### **3.4.6. Modelos Auto-Regressivos**

Num processo auto-regressivo, o valor presente da série temporal  $X_t$  é expresso linearmente em termos dos valores passados da série e da perturbação aleatória ocorrendo no instante  $t$ . A ordem deste processo depende do valor mais antigo sobre o qual a regressão tem lugar.

Um modelo auto-regressivo é simplesmente uma regressão linear do valor corrente da série sobre um ou mais dos valores anteriores da série. Por isso, estes modelos podem ser estimados usando a técnica dos mínimos quadrados, e têm uma interpretação fácil Magri (2006).

### **3.4.7. Modelos de média móvel**

Para (Makridakis et al. 1998), o método consiste em calcular a média das últimas  $n$  observações mais recentes. O valor encontrado, ao seu tempo, é considerado a previsão para o próximo período.

Enquanto para Issler (1999), a representação em média móvel ocorre quando a observação actual de uma variável possa ser explicada através de uma soma ponderada de ruídos anteriores e de um ruído actual.

Entretanto, para Gujarati (2006), num processo dito de média móvel, o valor presente da série expressa-se em função dos valores presente e passados das perturbações aleatórias, que formam uma série de ruído branco. A ordem deste processo depende do valor mais antigo da série de ruído branco considerado.

Este modelo difere do anterior na medida em que cada perturbação aleatória se propaga para os valores futuros da série. Por causa disto, é mais complicado efectuar-se um ajustamento

---

desta série e não se pode usar um modelo linear de mínimos quadrados. Além disso, os modelos MA são mais difícil de interpretar que os AR (Morettin et al. 2004).

### **3.4.8. Modelos mistos auto-regressivos e de média móvel**

Box & Jenkins popularizaram uma técnica que combina as características dos modelos auto-regressivos AR e de média móvel MA. Embora estes modelos fossem já conhecidos e investigados, a contribuição de Box & Jenkins foi o desenvolvimento de um processo eficaz e sistemático de identificação e estimação de modelos que pudessem incorporar em ambas características.

O processo de Box e Jenkins dito de tipo ARMA combina os dois efeitos anteriores.

O modelo de Box e Jenkins assume que a série é estacionária. Em alguns casos, subtrai-se a série do valor médio, para se trabalhar com uma série de média nula.

### **3.4.9. Modelos Auto-Regressivos Integrados e de Média Móvel**

Os processos definidos acima são estacionários. Isto significa que a média da série temporal e as co-variâncias entre as suas observações não variam com o tempo.

No entanto, se o processo não for estacionário, terá que se proceder à sua estacionarização. A estacionarização de uma série temporal recomendada por Box e Jenkins obtêm-se com operações de diferenciação, mesmo que aplicada sucessivas vezes.

À série estacionária aplica-se então um modelo ARMA. Assim, ARIMA corresponde então a um processo auto-regressivo integrado com média móvel. A designação “integrado” explica-se pelo facto de se reconstruir a série original a partir da série diferenciada, por uma operação de integração ou soma recursiva.

### **3.4.10. Modelos de alisamento**

A seguir, iniciam-se a apresentação dos conceitos chaves para o entendimento e aplicabilidade dos Modelos de alisamento e ao final concluiremos com algumas considerações importantes.

A base de funcionamento dos Modelos de alisamento, descritos a seguir, é a simples ponderação ou alisamento das observações passadas de uma série temporal no intuito de se obter um prognóstico para o valor futuro desta série.

---

A maior vantagem dos Modelos de alisamento são seu baixo custo, e a velocidade com que eles podem ser aplicados. Essas características fazem destes Modelos extremamente atractivos quando um grande número de itens necessita ser prognosticado, como é o caso de sistemas de inventários, e quando o horizonte de tempo é relativamente curto (menos de 1 ano).

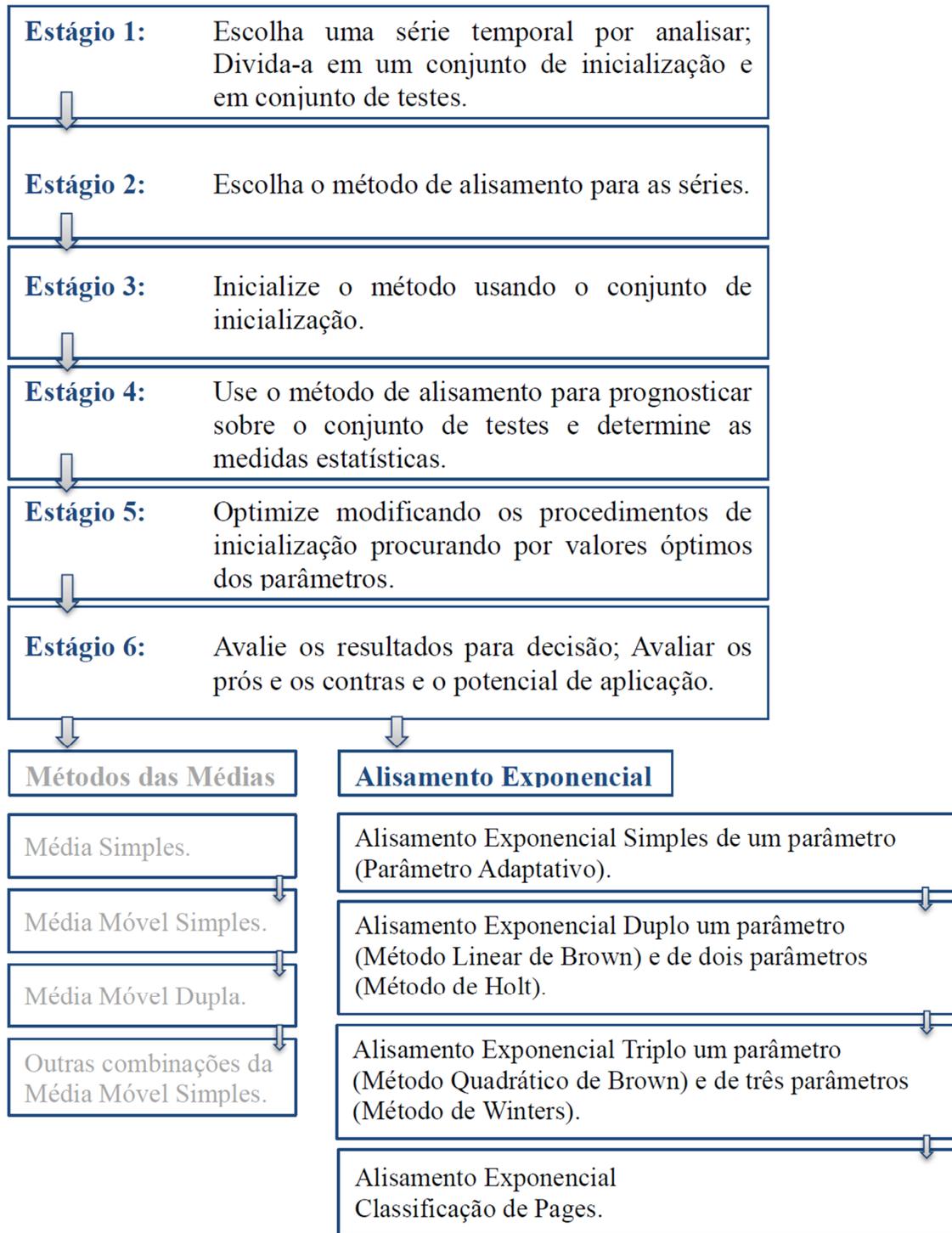
### **3.4.11. A Média**

Segundo Makridakis (1983), a média é um estimador que minimiza o erro quadrado médio (EMQ) entre valores actuais de uma série e os valores ajustados. Na estatística básica que é estudada nos cursos de graduação, a média também é conhecida como um estimador não viciado. Se utilizarmos a média como uma ferramenta para previsão, bem como todos os Modelos de previsão, o uso correcto requer um conhecimento das condições que determinam sua aplicabilidade. No caso da média, a condição primordial é que os dados devam ser estacionários, ou seja, os dados estão em equilíbrio em torno de um valor constante com a variância em torno da média permanecendo constante ao longo do tempo.

Desta forma, se uma série temporal é gerada por uma constante sujeita a um erro aleatório (ou ruído branco), então a média é uma estatística útil e pode ser utilizada como uma previsão para o período mais próximo. Entretanto, se a série temporal envolver tendência (crescente ou decrescente), ou um efeito sazonal, ou ambos, então a média simples não se aplica mais por não ser capaz de capturar o padrão nos dados.

Os Modelos de alisamento a serem discutidos aqui são em sua grande maioria recursivos por sua natureza – movem-se através dos dados conhecidos período por período, em oposição à utilização de todos os dados do passado em um único exercício de ajuste, como é o caso da média total. Veja em seguida a metodologia para avaliação dos Modelos de alisamento.

### 3.5. Metodologia para avaliação dos Modelos de alisamento



**Figura 10:** Metodologia para avaliação dos Modelos de Alisamento

Fonte: Makridakis, S., Forecasting: Methods and Applications, pág. 140, 1998

---

Para a presente pesquisa, iremos trabalhar com os Modelos de alisamento tendo em conta as inúmeras vantagens acima apresentadas e adequação para o estudo.

### 3.5.1. Alisamento exponencial simples

O caso mais simples de alisamento exponencial pode ser desenvolvido da seguinte equação da média móvel,

$$F_{t+1} = F_t + \frac{1}{T}(X_t - X_{t-N})$$

Que é simplesmente um ajuste do imediatamente precedente prognóstico ( $F_{T+1}$ ), ou seja,  $F_{T+1}$  mais um ajuste ( $1/T$  eximo da diferença entre  $X_t$  e  $X_{t-N}$ ). Se  $T$  for grande, o valor deste ajuste é pequeno, e vice-versa.

De uma variação da fórmula acima, de acordo com (Makridakis, 1983), pode-se escrever,

$$F_{t+1} = F_t + \frac{X_t}{N} - \frac{X_{t-N}}{N}$$

Onde supomos que o valor mais antigo ( $X_{t-N}$ ) para iniciarmos, não está disponível. E no seu lugar usaremos um valor aproximado, de acordo com Wheelwright (1983), que é o valor possível de ser utilizado  $F_t$ , ou o valor do último prognóstico. Substituindo, podemos chegar na seguinte equação,

$$F_{t+1} = \frac{1}{N} X_t + 1 - \frac{1}{N} F_t$$

Pode-se notar que o prognóstico  $F_{t+1}$  está baseado na ponderação dos mais recentes dados com um peso ( $1/N$ ) e ponderando os mais recentes últimos prognósticos com um peso ( $1 - (1/N)$ ). Tendo o fato de que  $N$  é um número sempre positivo,  $1/N$  será uma constante entre 0 e 1. Substituindo  $\alpha$  por  $1/N$ , temos:

$$F_{t+1} = X_t + (1) \cdot F_t$$

Essa equação é a forma geral usada na computação de uma previsão com o método de alisamento exponencial. Substituindo  $F_t$ ,  $F_{t+1}$ ,  $F_{t+2}$ , e assim por diante pelos seus componentes, resulta:

$$F_{t+1} = X_t + (1) \cdot X_{t-1} + (1)^2 X_{t-2} + (1)^3 X_{t-3} + (1)^4 X_{t-4} + (1)^5 X_{t-5} + (1)^6 X_{t-6} + (1)^{N-1} X_{t-(N-1)} + (1)^N F_{t-(N-1)}$$

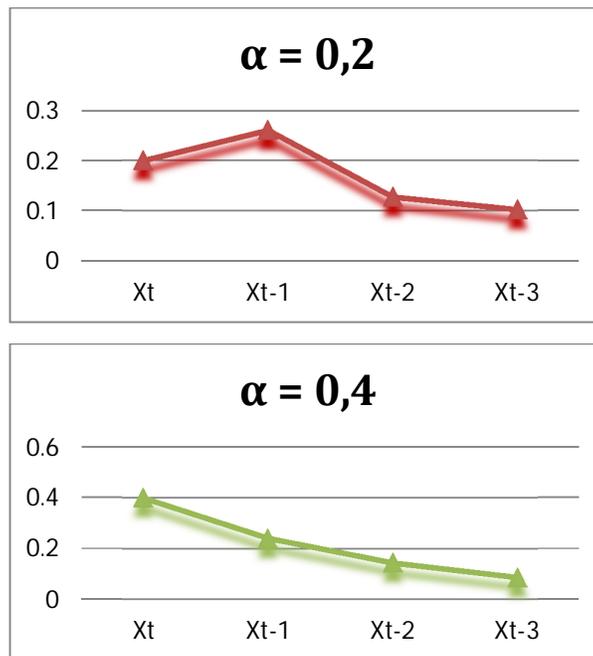
Como exemplo, vamos supor  $\alpha = 0,2; 0,4; 0,6$  ou  $0,8$ . Então os pesos assinalados para as observações passadas seriam:

Peso Para:	$\alpha = 0,2$	$\alpha = 0,4$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,8$
$X_t$	0,2	0,4	0,6	0,8
$X_{t-1}$	0,16	0,24	0,24	0,16
$X_{t-2}$	0,128	0,144	0,096	0,032
$X_{t-3}$	0,1024	0,0864	0,0384	0,0064
$X_{t-3}$	$(0,2) (0,8)^2$	$(0,4) (0,6)^4$	$(0,6) (0,4)^4$	$(0,8) (0,2)^4$

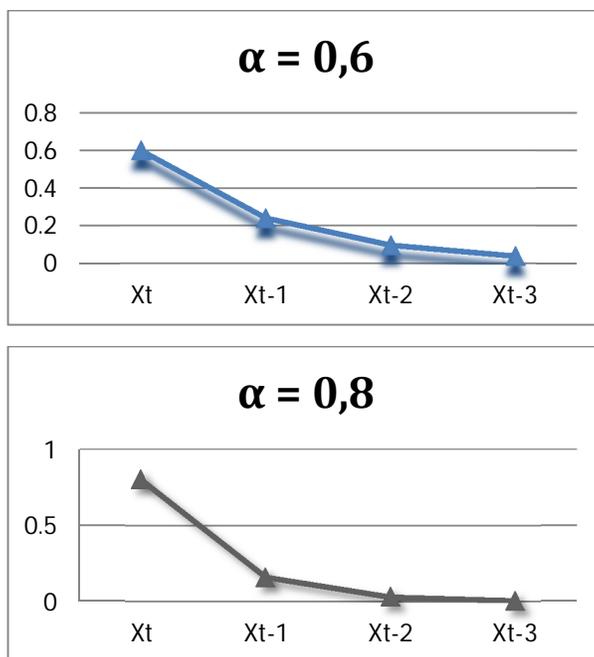
**Tabela 4:** Exemplo de decaimento exponencial

Fonte: Makridakis, S., Forecasting: Methods and Applications, pág. 86, 1983

Organizando-se esses pesos em um gráfico X, Y, pode-se ver que esses pesos decrescem exponencialmente, por isso é que usamos o nome alisamento exponencial.



**Figuras 11:** Alisamento exponencial Simples, pesos  $\alpha = 0,2; 0,4;$



**Figuras 12:** Alisamento exponencial Simples, pesos  $\alpha = 0,6; 0,8$

Uma outra maneira de escrever a equação (1.35) é a que segue,

$$F_{t+1} = F_t + (X_t - F_t)$$

Onde a diferença  $(X_t - F_t)$  é na verdade o erro, assim temos também,

$$F_{t+1} = F_t + (e_t)$$

A escolha de  $\alpha$  tem um considerável impacto, tanto no EMQ quanto no EPAM. O objectivo secundário é encontrar um valor de  $\alpha$  que minimize o EMQ de um conjunto de teste, e segundo Makridakis (1983), esta estimação é um problema não - linear. Um grande valor para  $\alpha$  resulta em pequeno efeito de alisamento, e por outro lado, um pequeno valor de  $\alpha$  resulta em considerável alisamento.

Um deles, segundo Makridakis (1983), surge da tentativa de se achar um valor óptimo para  $\alpha$ . Devemos otimizar para minimizar o EMQ, ou o EPAM, ou outra medida? Supondo que queremos minimizar o EMQ, devemos fazê-lo por tentativa e erro escolhendo valores para  $\alpha$  até obtermos o valor mínimo.

Já para o EPAM, apesar de usar a mesma metodologia de tentativa e erro, os valores de  $\alpha$  que o minimizam, serão diferentes daqueles que minimizam o EMQ.

---

### 3.5.2. Alisamento exponencial simples com taxa-resposta-adaptativa

O método AES de previsão requer a especificação de um valor  $\alpha$ , que como já foi dito, afecta as medidas do EMQ e EPAM. O método AESTRA tem uma vantagem aparente sobre o método AES no que diz respeito a permitir que o valor  $\alpha$  mude, de uma maneira controlada, conforme ocorram mudanças no padrão dos dados. Esta característica parece atractiva quando muitas centenas ou milhares de itens requerem previsão. AESTRA é um método adaptativo no sentido de que o valor de  $\alpha$  mudará automaticamente quando existir uma mudança no padrão dos dados básicos.

A inicialização de um processo AESTRA é um pouco mais complicada que para o AES. O AESTRA é frequentemente muito sensetivo a mudanças no padrão dos dados.

Resumindo, o método AESTRA é um método AES com uma diferença: o valor de  $\alpha$  é sistematicamente, e automaticamente, mudado de período para período para permitir o acompanhamento das mudanças na base dos dados. Segundo Makridakis (1983), o AESTRA é muito útil para um sistema de previsão envolvendo um grande número de itens, mas cuidado deve ser tomado na avaliação das flutuações em  $\alpha$ . Consulte Gardner & Annenbring (1980) para saber mais sobre os resultados desfavoráveis da utilização do método AESTRA.

### 3.5.3. Alisamento exponencial duplo: Método linear de Brown com um parâmetro

O alisamento exponencial linear pode ser computado com somente três valores de dados e um simples valor para  $\alpha$ . Essa abordagem também resulta em pesos decrescentes dados as observações passadas. Segundo Wheelright (1983), é por essa razão que esse método é preferido em detrimento à média móvel linear para previsão na grande maioria dos casos.

O entendimento do funcionamento do método AES de Brown é similar àquele da média móvel linear: Desde que ambos os Modelos de simples e de duplo alisamento exponencial “ficam atrás” dos dados actuais quando existe uma tendência, a diferença de valores entre o simples e o duplo alisamento pode ser somado aos valores alisados e assim ajustá-los para a tendência.

Ver (Montgomery & Johnson 1976), p. 52, para mais detalhes.

---

### 3.5.4. Alisamento exponencial duplo: Método de Holt com dois parâmetros

O método de alisamento linear de Holt é similar, em princípio, ao método de Brown, excepto que aquele não aplica a fórmula de alisamento duplo. Ao invés disso, o método de Holt alisa separadamente os valores de tendência. Isso fornece grande flexibilidade pelo fato de permitir que a tendência seja alisada com um parâmetro diferente daquele utilizado para a série temporal original. A previsão para o alisamento exponencial de Holt é encontrado usando duas constantes de alisamento (também com valores entre 0 e 1) e três equações:

$$S_t = X_t + (1) \cdot (S_{t-1} + b_{t-1}); \quad b_t = (S_t - S_{t-1}) + (1) \cdot b_{t-1}; \quad F_{t+m} = S_t + b_t \cdot m$$

A equação  $S_t$  ajusta  $S$  directamente para a tendência existente nos prévios períodos,  $b_{t-1}$ , adicionando-a ao último valor alisado,  $S_{t-1}$ . Isso ajuda a eliminar o atraso e trás  $S_t$  para a base aproximada dos valores correntes dos dados. A equação, então actualiza a tendência, a qual está expressa como a diferença entre os últimos dois valores alisados. Tal procedimento é bastante apropriado, segundo Makridakis (1983), porque se existir uma tendência nos dados, novos valores deveriam ser mais altos ou mais baixos do que os valores prévios. Sabendo disso e desde que possa existir resíduo de aleatoriedade, este resultado é modificado alisando-se com a tendência no último período ( $S_t - S_{t-1}$ ), e adicionando este à estimativa prévia da tendência multiplicada. Desta forma, a equação ( $b_t$ ) é similar à forma básica do alisamento da equação ( $S_t$ ), mas aplicada para actualizar a tendência. Finalmente, a equação ( $F_{1+m}$ ) é usada para a previsão de  $m$  períodos a frente. A tendência,  $b$ , multiplicada pelo número de períodos a frente, a serem prognosticados,  $m$ , e somada aos valores básicos,  $S_t$ .

O processo de inicialização para o método de alisamento exponencial linear de Holt requer duas estimativas – uma para obter o primeiro valor alisado para  $S_1$  e a outra para obter a tendência  $b_1$ . A primeira é fácil. Basta escolher  $S_1 = X_1$ . A

Estimativa da tendência é que apresenta problemas. Como é necessário estimar a tendência de um período ao outro, existe algumas possibilidades dessa estimativa mostradas abaixo:

$$b_1 = X_2 - X_1$$
$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_2) + (X_4 - X_3)}{3}$$

$b_1$  = Estimativa “ocular” do ângulo da curva formada pelos dados organizados.

Quando os dados estão bem comportados, isso não importará muito, segundo Makridakis (1983), mas se os dados apresentarem uma dramática queda de um período ao outro e este intervalo for utilizado para estimar  $b_1$ , pode ocorrer uma longa demora até que o modelo acompanhe correctamente a tendência geral.

### 3.5.5. Alisamento exponencial triplo: Método quadrático de Brown com um parâmetro

Assim como o alisamento exponencial linear pode ser utilizado para prognosticar valores com um padrão de tendência básico, outras formas de alisamento de ordens mais altas podem ser usadas quando o padrão básico que governa os dados é quadrático, cúbico, ou de ordem superior. Para ir da forma linear à quadrática, a abordagem básica é incorporar um nível adicional de alisamento (alisamento triplo) e tratá-la como uma equação quadrática de previsão. Similarmente, pode-se ir de uma forma quadrática para uma forma cúbica e assim por diante.

As equações para o alisamento quadrático são:

$$\text{(Primeiro alisamento):} \quad S'_t = X_t + (1)S'_{t-1}$$

$$\text{(Segundo alisamento):} \quad S''_t = S'_t + (1)S''_{t-1}$$

$$\text{(Terceiro alisamento):} \quad S'''_t = S''_t + (1)S'''_{t-1}$$

$$a_t = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t$$

$$b_t = \frac{1}{2(1)^2} [(6 - 5)S'_t - (10 - 8)S''_t + (4 - 3)S'''_t]$$

$$c_t = \frac{2}{2(1)} (S'_t - 2S''_t + S'''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t m^2$$

As equações necessárias para o alisamento quadrático são consideravelmente mais complicadas do que aquelas usadas para o alisamento exponencial linear. Entretanto, a abordagem é a mesma no processo de ajuste dos valores prognosticados para que estes sigam mudanças na tendência quadrada. Veja Brown (1963), pág. (140-142) para maiores detalhes.

---

O processo de inicialização do alisamento exponencial quadrático de Brown pode ser muito simples. Fazendo,

$$S_1' = S_1'' = S_1''' = X_1$$

É tudo que é necessário para iniciar a previsão do período 2 em diante.

### 3.5.6. Alisamento exponencial triplo: Método de Winters com três parâmetros - Método com sazonalidade

O conjunto de Modelos de alisamento, média móvel e exponencial, examinados até agora, podem tratar com quase todos os tipos de séries temporais de dados estacionários e não estacionários, enquanto estes não apresentem sazonalidade. Quando existir sazonalidade, entretanto, estes Modelos podem desempenhar um trabalho pobre de previsão.

O método de Winters é baseado em três equações de alisamento - uma para a estacionaridade, uma para a tendência, e uma para a sazonalidade. O método de Winters é muito similar ao método de Holt, só que com uma equação adicional para tratar com a sazonalidade. As equações básicas do método de Winters são as seguintes:

**(Alisamento geral):** 
$$S_t = \frac{X_t}{I_{tL}} + (1) \cdot (S_{t-1} + b_{t-1})$$

**(Alisamento da tendência):** 
$$b_t = (S_t - S_{t-1}) + (1)b_{t-1}$$

**(Alisamento da sazonalidade):** 
$$I_t = \frac{X_t}{S_t} + (1) \cdot I_{t-L}$$

**(Previsão):** 
$$F_{t+m} = (S_t + b_t m) \cdot I_{t-L+m}$$

Onde L é a duração da sazonalidade, b é o componente de tendência, I é o factor de ajuste sazonal, e  $F_{t+m}$  é o prognóstico para m períodos a frente.

A equação  $I_t$  é comparável a um índice de sazonalidade que é encontrado como uma taxa dos valores correntes da série,  $X_t$ , dividido pelos valores alisados correntes simples da série  $S_t$ . Se  $X_t$  é maior que  $S_t$ , a taxa será maior que 1, enquanto se for ao contrário, a taxa será menor que 1. É importante compreender que  $S_t$  é um valor (médio) alisado da série que não inclui sazonalidade. Os valores dos dados  $X_t$ , por outro lado, contêm sazonalidade. Além do que,  $X_t$  contêm a aleatoriedade inerente à série. Com intuito de alisar esta aleatoriedade, a

---

equação ( $I_t$ ) pondera os mais novos factores sazonais computados com  $\beta$  e os mais recentes números da sazonalidade correspondentes à mesma estação com  $(1 - \beta)$ .

A equação ( $I_t$ ) é exactamente a mesma da equação de Holt ( $b_t$ ) para alisar a tendência. A equação ( $S_t$ ) difere da equação de Holt ( $S_t$ ), onde naquela o primeiro termo está dividido pelo número sazonal  $I_{t-L}$ . Isto é feito para retirar a sazonalidade de  $X_{t-L}$ . Este ajuste pode ser ilustrado considerando o caso quando  $I_t$  é maior que 1, o que ocorre quando o valor no período  $t - L$  é maior que a média da sazonalidade. Dividindo  $X_t$  por esse número maior que 1 resulta em um valor que é menor que os valores originais por uma percentagem igual à quantidade que a sazonalidade do período  $t - L$  foi acima da média. O ajuste oposto ocorre quando o número (índice) da sazonalidade é menor que 1. O valor  $I_{t-L}$  é usado nestes cálculos porque  $I_t$  não pode ser calculado até que  $S_t$  fique disponível através da equação ( $S_t$ ).

Os dados da tabela 4 podem ser usados para ilustrar a aplicação do método de Winters. Com valores dos parâmetros de  $\alpha = 0,2$ ,  $\beta = 0,05$  e  $\gamma = 0,1$ , os prognósticos e os valores alisados relacionados estão como mostrados na tabela 4.

Um dos problemas em se usar o método de Winters, é a determinação dos valores  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$  que minimizarão o EMQ ou o EPAM. A abordagem para se determinar estes valores é usualmente por tentativa e erro, todavia isso pode ser possível através do uso de algoritmos de optimização não-lineares para a obtenção de parâmetros optimizados. A abordagem pelo método de Winters consome tempo e possui altos custos, implicando em pouco uso quando existem muitos conjuntos de dados para tratamento.

Para iniciar o método de previsão de Winters, é necessário o uso de dados completos de pelo menos uma estação (ou seja,  $L$  períodos) para se determinar as estimativas iniciais para os índices de sazonalidade,  $I_{t-L}$ , e estimar o factor de tendência de um período ao próximo. Para se determinar este último, é conveniente usar duas estações completas de dados (ou  $2L$  períodos) como mostrado abaixo:

$$b = \frac{1}{L} \cdot \frac{(X_{L+1} - X_1)}{L} + \frac{(X_{L+2} - X_2)}{L} + \dots + \frac{(X_{L+L} - X_L)}{L}$$

Outros Modelos para a inicialização podem ser criados e sua influência em posteriores prognósticos irá depender do comprimento das séries temporais e os valores dos três parâmetros.

---

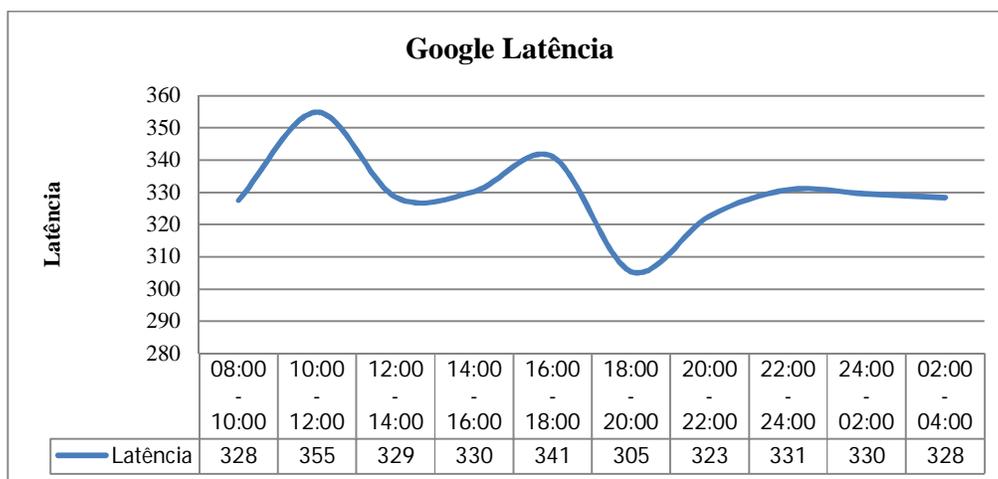
## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentadas as etapas de desenvolvimento do modelo para previsão da latência em fibra óptica. Primeiro faremos uma análise descritiva de cada série em estudo, em seguida, faz-se uma análise de variância (ANOVA) para testar as hipóteses segundo as quais a latência média é a mesma ou não nos diferentes períodos de pesquisa e se a latência observada é estatisticamente igual ou diferente a dos padrões Internacionais. Por último, estimaremos os modelos de previsão usando o alisamento exponencial simples, o alisamento exponencial com tendência e o alisamento exponencial com tendência e sazonalidade.

#### 4.1. Caracterização das séries históricas da latência

Uma representação gráfica dos dados é, em geral, o primeiro passo na análise de qualquer série temporal. Os gráficos abaixo mostram a evolução temporal das médias das latências da fibra óptica de duas fontes, utilizadas neste estudo.



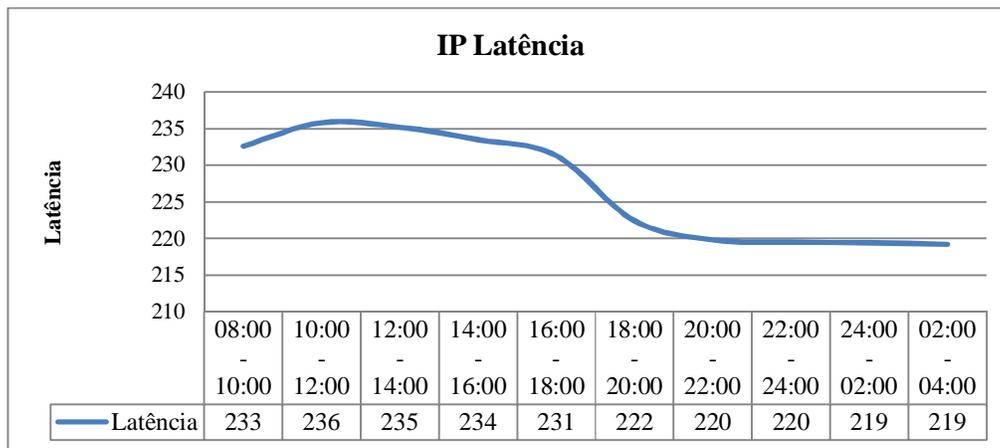
**Gráfico 1:** Evolução da latência média em períodos, de Julho 2013 a Abril de 2014 (Google)

Analisando a evolução da série da latência do Google no gráfico acima, verifica-se que a latência nesta fonte apresenta um comportamento oscilatório ao longo dos períodos em análise. Constata-se também que existe dois períodos em que a latência apresenta valores extremos, um das 10 as 12h, com uma latência média de 355, e outro das 18 as 20h, com uma

latência média de 305. Nos outros períodos a latência tende a manter-se constante, oscilando em torno de 330, excepto no período das 16 as 18h, que atinge uma média de 340.

Este comportamento da latência da série Google pode ser explicado pelos seguintes factos:

No período das 10 as 12h há evidências de muito tráfego na gestão de largura de banda passante justificada pelo maior fluxo de informação produzida pelos utilizadores do Google os quais consultam e efectuam downloads de diferentes pacotes em seu benefício, enquanto no período das 18 as 20h, a latência é baixa, observa-se menor tráfego menor consumo na gestão de largura de banda passante, o que é justificado pela redução do número de utilizadores de internet pois a maioria dos utilizadores está na rua a caminho de casa ou em casa com as famílias, atendendo e considerando que o fuso horário associado ao horário de trabalho.



**Gráfico 2:** Evolução da latência média em períodos, de Julho 2013 a Abril de 2014 (IP)

Pela observação da evolução da série da latência do IP, constata-se que a latência nesta fonte apresenta uma tendência crescente das 8h as 12h da manhã, com uma latência média de 236. Nos períodos subsequentes, apresenta uma tendência decrescente até as 16h da tarde atingindo uma média de 231, onde inicia um período de queda acentuada que decorreu até as 20h. A partir das 22h a série apresenta um comportamento constante até as 4h da madrugada.

O comportamento desta série não foge tanto a anterior da Google não obstante a diferença da latência. Admite-se que este comportamento diferenciado da latência nessas duas fontes deve-se ao facto de a primeira ser proveniente de um servidor www que é cedido a nível Internacional, como é sabido o site da Google alimenta o mundo e este apresenta diferentes fusos horários o que faz com que a gestão no seu tráfego seja constante 24x24h o que não

acontece com a fonte IP, esta fonte representa o Gateway (saída) de comunicação para o mundo, sendo o seu tráfego influenciado pelo fuso horário pois nem todo Mundo está interessado em acede-lo mas sim certos utilizadores de um determinado Pais.

#### 4.1.1. Estatística descritiva da latência observada das fontes IP e Google

Fonte	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
<b>Google</b>	100	<b>329.97</b>	<b>24.124</b>	2.412	<b>325.18</b>	<b>334.76</b>	226	380
<b>IP</b>	100	<b>226.88</b>	<b>7.066</b>	.707	<b>225.48</b>	<b>228.28</b>	218	237
<b>Total</b>	200	278.43	54.631	3.863	270.81	286.04	218	380

**Tabela 5:** Estatísticas descritivas Google e IP

Analisando a tabela acima, verifica-se que a latência observada do Google tem uma média de 329,97ms com um desvio médio em relação à média de 24.1ms. Portanto, Pode se afirmar, com 95% de confiança que a latência média do Google está entre 325 e 334ms. Enquanto que a latência média do IP apresenta uma média de 226,88ms e um desvio médio em relação à média de 7 e, para esta fonte, pode se afirmar com 95% de confiança que a verdadeira latência média no IP está entre 225 e 228 ms.

Períodos	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
08:00 - 10:00	10	232.60	1.174	.371	231.76	233.44	230	234
10:00 - 12:00	10	<b>235.90</b>	1.101	.348	235.11	236.69	234	237
12:00 - 14:00	10	235.20	1.033	.327	234.46	235.94	234	237
14:00 - 16:00	10	233.50	.850	.269	232.89	234.11	232	235
16:00 - 18:00	10	231.30	.823	.260	230.71	231.89	230	232
18:00 - 20:00	10	222.40	1.350	.427	221.43	223.37	221	224
20:00 - 22:00	10	219.80	.789	.249	219.24	220.36	219	221
22:00 - 24:00	10	219.50	.527	.167	219.12	219.88	219	220
24:00 - 02:00	10	219.40	.699	.221	218.90	219.90	218	220
02:00 - 04:00	10	<b>219.20</b>	.789	.249	218.64	219.76	218	220
Total	100	226.88	7.066	.707	225.48	228.28	218	237

**Tabela 6:** Estatística descritiva IP

#### 4.1.2. Outros Testes (Anova e Significância)

Na tabela acima, são apresentadas as latências médias do IP em diferentes períodos do dia. Os dados demonstram que a latência do IP em diferentes períodos não é constante, e varia de 219 a 235 ms, sugerindo que a latência varia com o período do dia, isto é, durante o dia a latência é maior e durante a noite é menor. Um teste formal para validar essas hipóteses é o ANOVA apresentado na tabela abaixo, com as seguintes hipóteses:

Ho: a latência do IP é a mesma nos diferentes períodos,

H1: a latência do IP é diferente nos diferentes períodos,

Regra de decisão; rejeitar a Ho se sig <0.05

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4862.560	9	540.284	<b>607.820</b>	<b>.000</b>
Within Groups	80.000	90	.889		
Total	4942.560	99			

**Tabela 7:** Anova IP

A estatística do teste F = 607,82 está associada a um sig = 000 que é menor que 5%, o que nos leva a rejeitar a hipótese nula. Isto significa que não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que a latência média do IP é a mesma nos diferentes períodos do dia.

Períodos	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
08:00 - 10:00	10	327.70	15.607	4.935	316.54	338.86	320	371
10:00 - 12:00	10	354.80	26.956	8.524	335.52	374.08	323	380
12:00 - 14:00	10	328.60	2.633	.833	326.72	330.48	325	333
14:00 - 16:00	10	330.30	4.968	1.571	326.75	333.85	325	340
16:00 - 18:00	10	341.20	26.360	8.336	322.34	360.06	323	380
18:00 - 20:00	10	305.40	41.642	13.168	275.61	335.19	226	328
20:00 - 22:00	10	322.80	37.052	11.717	296.29	349.31	228	378
22:00 - 24:00	10	330.90	4.508	1.426	327.68	334.12	325	341
24:00 - 02:00	10	329.60	2.951	.933	327.49	331.71	327	337
02:00 - 04:00	10	328.40	2.066	.653	326.92	329.88	325	331
Total	100	329.97	24.124	2.412	325.18	334.76	226	380

**Tabela 8:** Estatística descritiva Google

De igual modo, a tabela acima, demonstra que a latência do Google em diferentes períodos não é constante, o que pode ser confirmado por um teste de ANOVA apresentado na tabela abaixo, com as seguintes hipóteses:

Ho: a latência do Google é a mesma nos diferentes períodos

H1: a latência do Google é diferente nos diferentes períodos

Regra de decisão; rejeitar a Ho se  $\text{sig} < 0.05$ .

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14083.410	9	1564.823	<b>3.235</b>	<b>.002</b>
Within Groups	43531.500	90	483.683		
Total	57614.910	99			

**Tabela 9:** Anova Google

A estatística do teste  $F = 3,235$  está associada a um  $\text{sig} = 002$  que é menor que 5%, o que nos leva a rejeitar a hipótese nula. Isto significa que há evidências estatísticas suficientes para afirmar que a latência média do Google não é a mesma nos diferentes períodos do dia, isto é, ela varia com os períodos.

Da análise dos dados da tabela 12, a latência média do Google é de cerca de 330, o que supera o valor de 300 ms, pré-estabelecido nos padrões internacionais. Para verificar se esta diferença é estatisticamente significativa, vamos aplicar o teste t, com as seguintes hipóteses:

Ho: a latência observada é estatisticamente igual a dos padrões Internacionais (200 a 300 ms);

H1: a latência observada é estatisticamente diferente a dos padrões Internacionais (200 a 300 ms);

Regra de decisão; rejeitar a Ho se  $\text{sig} < 0.05$ .

	Test Value = 300					
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Latência Observada	<b>12.423</b>	99	<b>.000</b>	29.970	25.18	34.76

**Tabela 10:** One-Sample Test Google

A tabela acima, apresenta um teste  $t = 12,423$ , que está associada a um  $\text{sig} = 000$  que é menor que 5%, o que nos leva a rejeitar a hipótese nula. Isto significa que há evidências estatísticas suficientes para afirmar que a latência observada é estatisticamente diferente da estabelecida pelos padrões Internacionais da Telegeography, IEEE 802 LAN/MAN Standards e UTI (200 a 300 ms).

### 4.1.3. Testes de Raiz Unitária

O processo de modelação das séries temporais implica que, em primeiro lugar, se proceda à análise das propriedades de estacionaridade da série em estudo. Para o efeito, utilizar-se-á o teste de raiz unitária de Dickey e Fuller descritos no capítulo 3. As hipóteses para o teste Dickey e Fuller são representadas da seguinte forma:

$H_0$ : A série possui uma raiz unitária (não é estacionária),

$H_1$ : A série não possui uma raiz unitária (é estacionária),

Null Hypothesis: LACTENCIA2 has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-9.885857	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.497727	
5% level	-2.890926	
10% level	-2.582514	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

**Tabela 11:** Teste de raiz unitária em nível para a latência da fonte Google

O valor crítico do  $\tau$  de dickey-fuller ao nível de significância de 5% é de -2.890926. como os valores de  $t$  calculados para a série da latência da fonte Google é mais negativo que o valor crítico; conclui-se que a série em nível é estacionária o que nos leva a rejeitar a hipótese de esta possuir uma raiz unitária Dickey, A., Fuller, W. (1979)

Null Hypothesis: LACTENCIA1 has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 9 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.471737	0.1258
Test critical values: 1% level	-3.504727	
5% level	-2.893956	
10% level	-2.584126	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

**Tabela 12:** Teste de raiz unitária em nível para a latência da fonte IP

---

Null Hypothesis: D(LACTENCIA1) has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 9 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.29713	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.505595	
5% level	-2.894332	
10% level	-2.584325	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

**Tabela 13:** Teste de raiz unitária em primeiras diferenças para a latência da fonte IP.

Se considerarmos um nível significância de 5%, conclui-se que a série da latência da fonte IP não é estacionária em nível pelo facto de seus valores de t-statistic serem menores, em módulo, que os respectivos valores críticos a 5%, mas as suas primeiras diferenças são estacionários uma vez que o valor de tau = - 10.29713, está associado a uma probabilidade = 0.000, o que nos leva a rejeitar a hipótese nula.

#### 4.1.4. Modelos de previsão da latência

Os modelos de previsão apresentados a seguir foram gerados com recurso ao Excel e ao pacote estatístico SPSS. Ver os Apêndices (3 e 4).

##### *Alisamento Exponencial Simples Alfa = 0.1*

O AES, por não considerar os padrões de tendência e sazonalidade, apresentou uma projecção baseada apenas no nível das séries.

Os modelos de AES para a série da latência da fonte IP e Google apresentaram um erro médio percentual (EMP) de -0.068% e de 0,083%, respectivamente. Decidiu-se pela aplicação do modelo de AES, que deve apresentar um ajuste inferior aos modelos que consideram o padrão de tendência em suas formulações apenas para possibilitar sua compressão com os demais modelos testados.

Os resultados gráficos das séries da latência da fonte IP e do Google são apresentados em seguida.

### a) Alisamento Exponencial Simples da Série IP

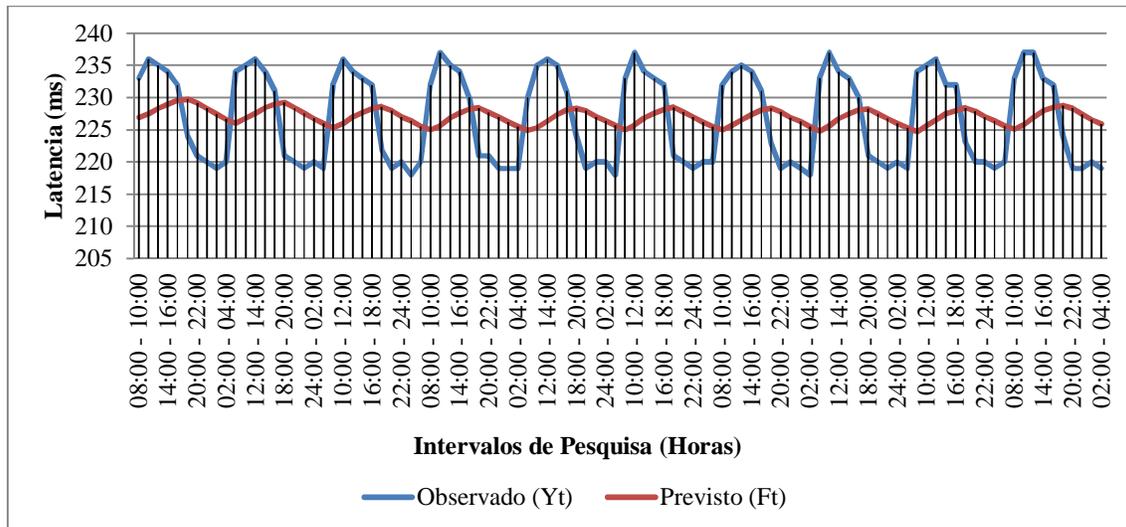


Gráfico 3: Gráfico de AES série IP

### b) Alisamento Exponencial Simples da Série Google

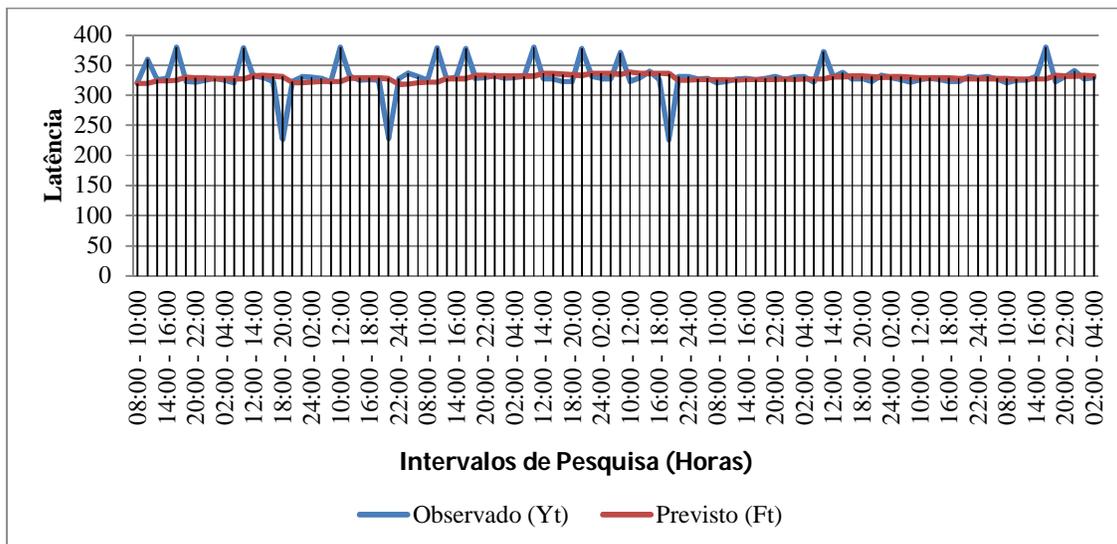


Gráfico 4: Gráfico de AES série Google

Analisando os gráficos acima, pode constatar-se que os modelos estimados para as duas séries, em estudo, ajustam-se aos dados das séries, uma vês que o modelo previsto acompanha o padrão normal das séries.

### c) Alisamento Exponencial Simples Série IP com Previsão de 5 meses

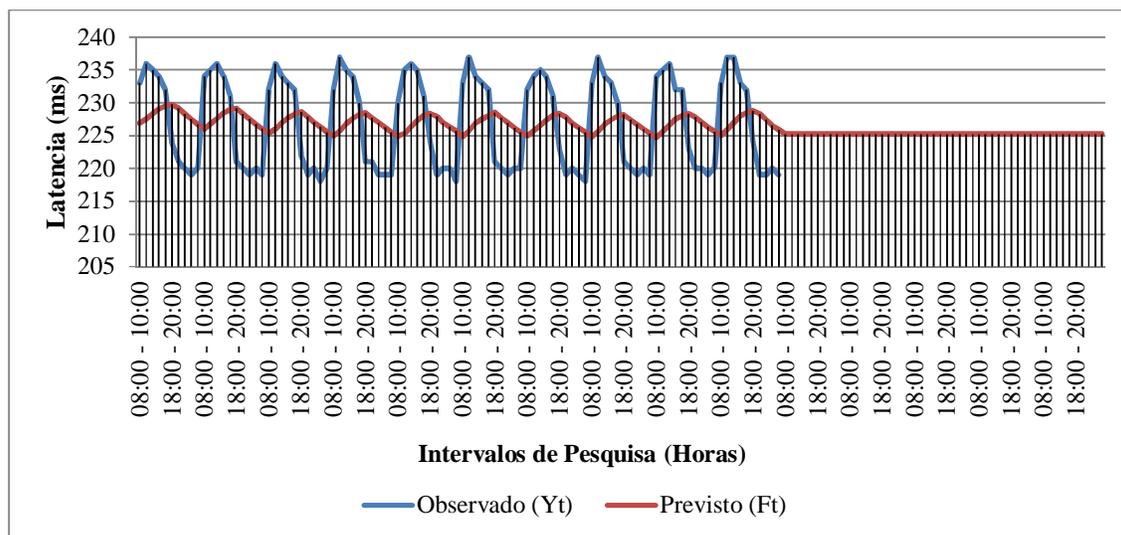


Gráfico 5: Gráfico de AES série IP com Previsão

### d) Alisamento Exponencial Simples Série Google Previsão de 5 meses

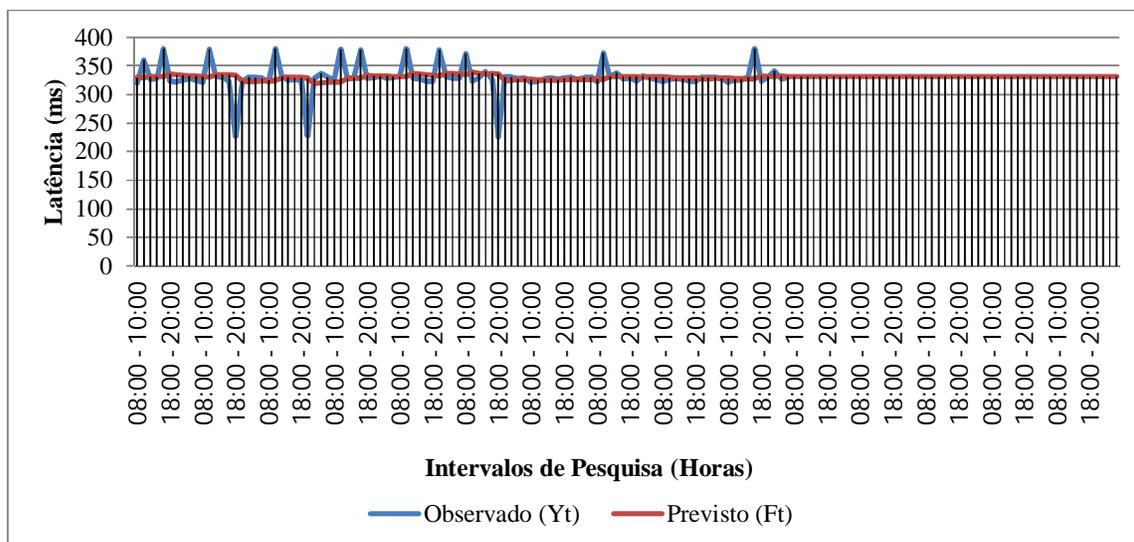


Gráfico 6: Gráfico de AES série Google com Previsão

---

### *Alisamento Exponencial com Tendência Alfa = 0.1; Beta = 0.1*

Espera-se que o modelo de Holt, por levar em consideração o padrão da tendência, apresente melhores resultados que no AES.

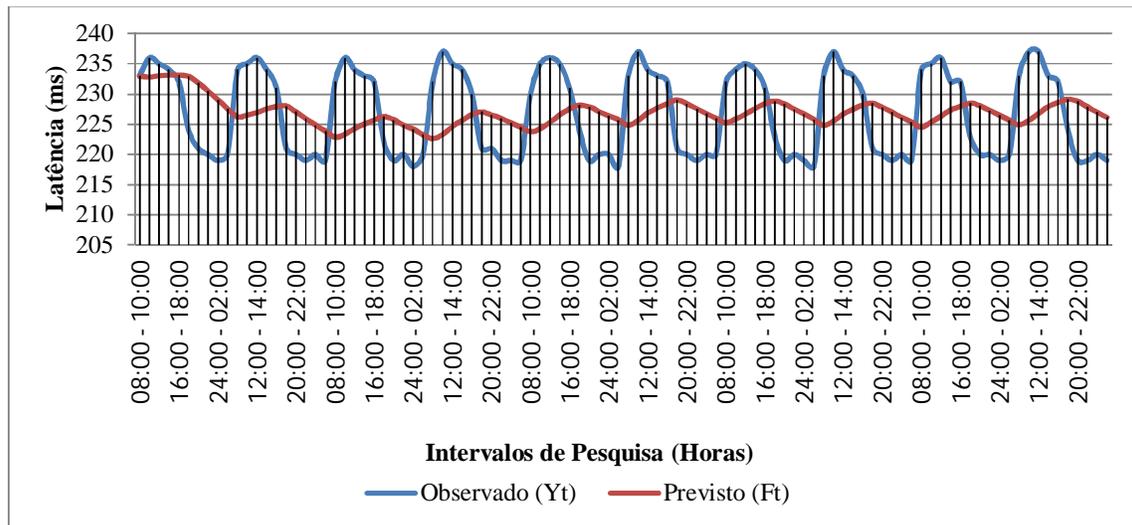
O modelo de Holt para a série da latência do Google apresentou um EMP de -0.0024, este modelo apresenta uma projecção EMP abaixo do valor efectivamente observado.

A capacidade deste modelo de ajustar-se à curvatura dos dados pode ter contribuído de maneira decisiva na obtenção dos resultados verificados.

A série do IP, o modelo de AE com tendência mostrou-se igualmente competente na realização da previsão. Ao ser aplicado a esta série, apresentou o EMP de 0.1277. Um índice menos acurado que com a série do Google.

Uma possível explicação para a diferença verificada na acurácia das projecções das duas séries pode estar na manifestação do padrão de tendência que na figura abaixo parecem confirmar a suspeita.

#### **e) Alisamento Exponencial com Tendência Série IP**



**Gráfico 7:** Gráfico de AET da série IP

f) Alisamento Exponencial com Tendência Série Google

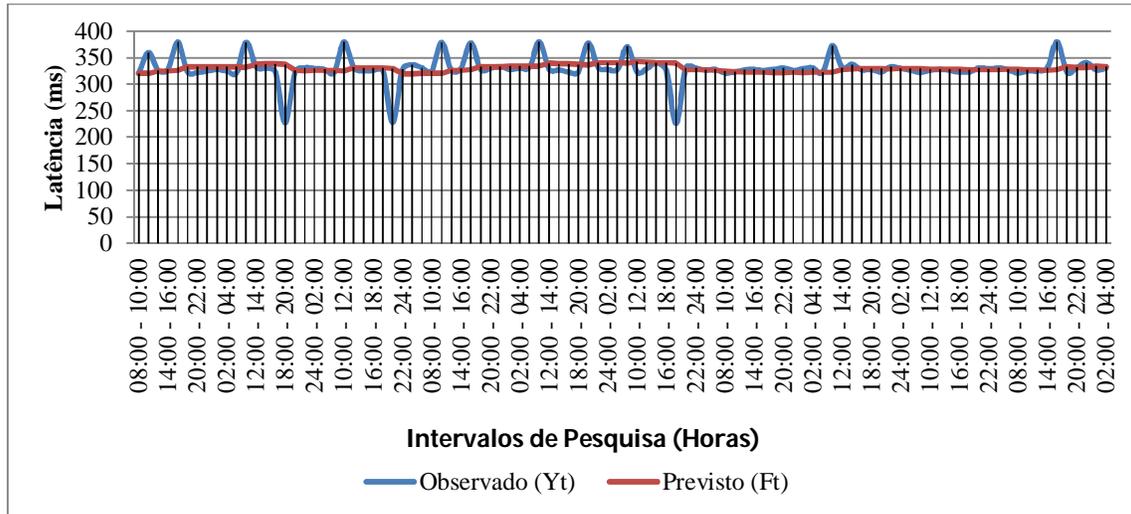


Gráfico 8: Gráfico de AET da série Google

g) Alisamento Exponencial com Tendência da Série IP com Previsão 5 meses

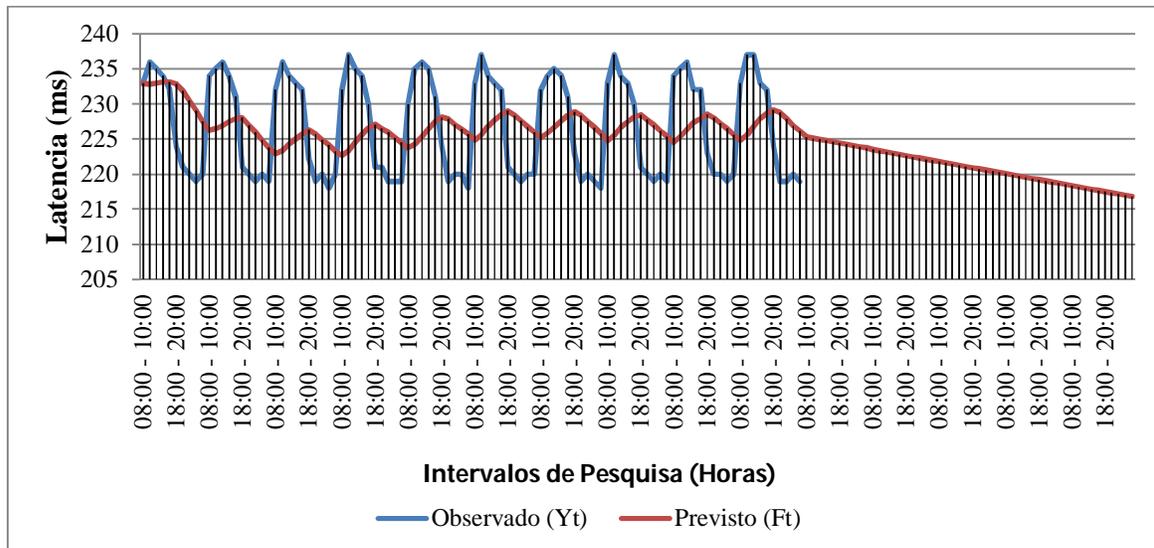
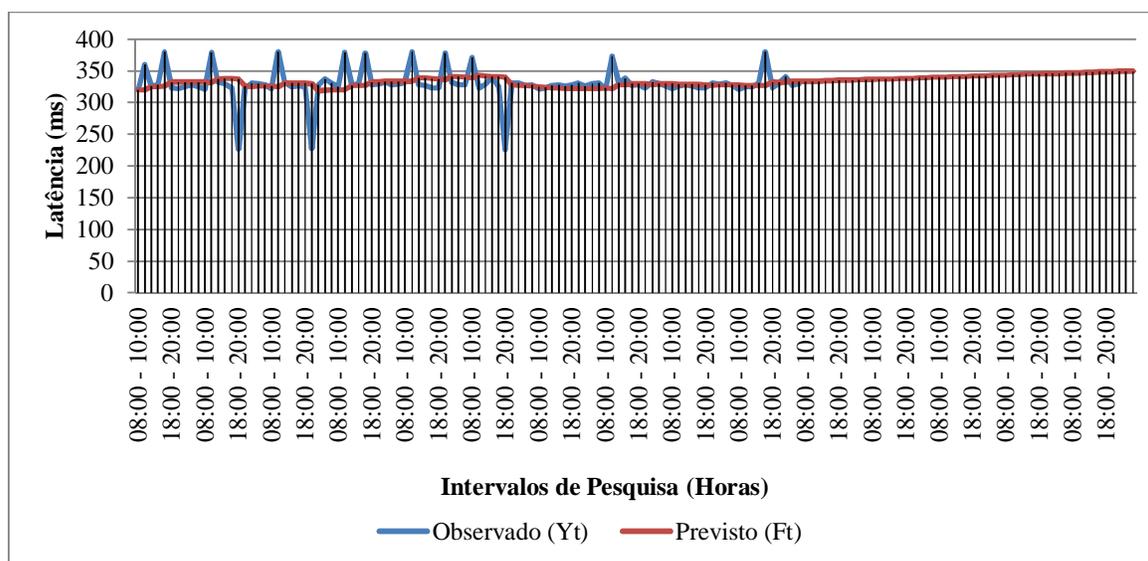


Gráfico 9: Gráfico de AET com previsão de 5 meses da série IP

## h) Alisamento Exponencial com Tendência da Série Google com Previsão 5 meses



**Gráfico 10:** Gráfico de AET com previsão de 5 meses das série

### *Alisamento Exponencial com Sazonalidade Alfa = 0.1; Beta = 0.1*

Estes modelos levam em consideração a sazonalidade, o que pode levá-lo a resultados ainda mais significativos que aqueles dos modelos já testados, caso exista de facto um padrão sazonal nas séries analisadas.

A modelagem de série da latência da fonte IP usando AE sazonal, resultou num EMP igual a 0.13327. Como há evidências da existência de um padrão sazonal para a série do IP, a obtenção de um resultado um pouco melhor pode ser devido ao facto de que os modelos que levam em conta a sazonalidade utilizam mais parâmetros que os outros modelos.

Embora fosse possível esperar um comportamento semelhante no da série do IP, que a modelagem Exponencial com sazonalidade na série do Google apresentou um EMP de 0.384.

Neste caso, a maior quantidade de parâmetros em relação ao alisamento exponencial com tendência parece não ter surtido o mesmo efeito que na série, ou se existir, deve ser menos significativo que o padrão da tendência, de acordo com os resultados obtidos neste trabalho.

As figuras que se seguem apresentam os resultados obtidos nas projecções do modelo de AE com sazonalidade para as séries da fonte IP e Google respectivamente.

Observa-se que neste modelo, as projecções não seguem uma tendência linear.

### i) Alisamento Exponencial com Sazonalidade Série IP

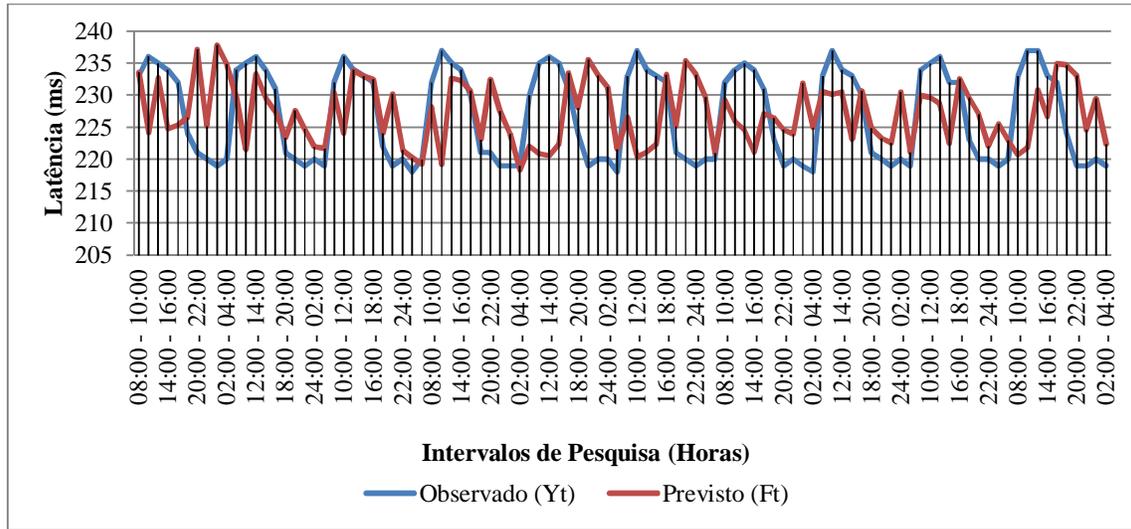


Gráfico 11: Gráfico de AEZ da série IP

### j) Alisamento Exponencial com Sazonalidade Série Google

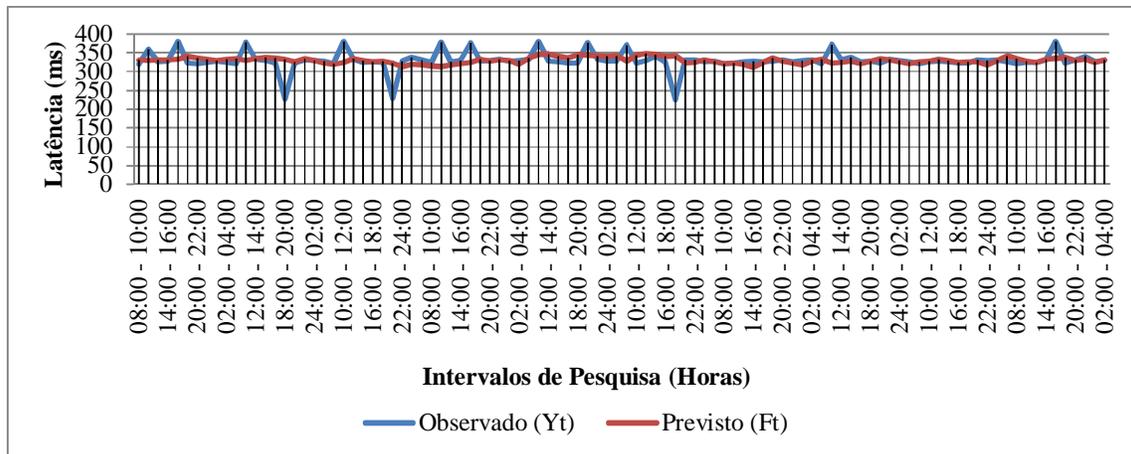


Gráfico 12: Gráfico de AEZ da série Google

### k) Alisamento Exponencial com Sazonalidade da Série IP e Previsão 5 meses

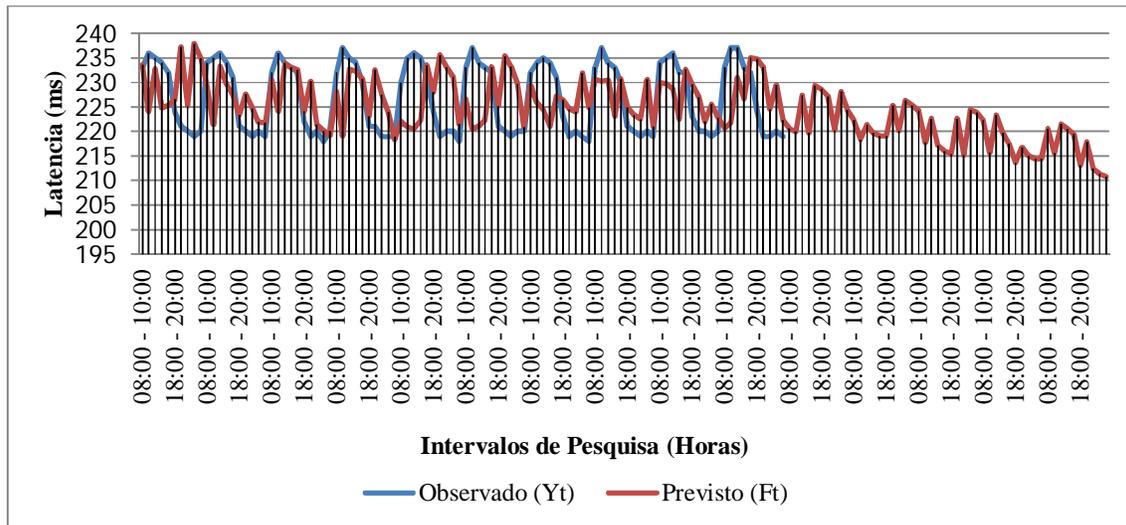


Gráfico 13: Gráfico de AEZ com previsão de 5 meses da série IP

Fonte: Autor.

### l) Alisamento Exponencial com Sazonalidade da Série Google e Previsão 5 meses

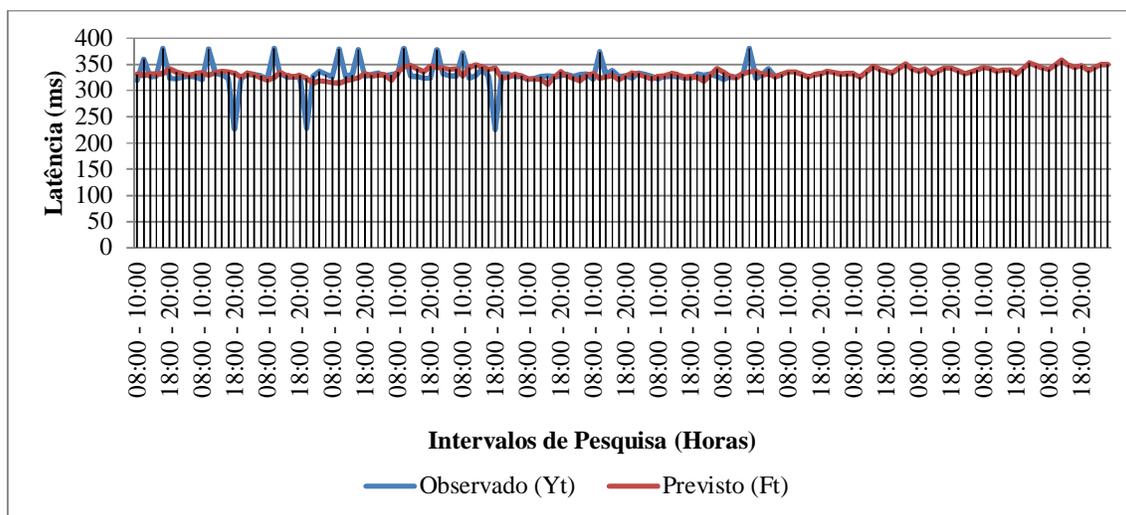


Gráfico 14: Gráfico de AEZ com previsão de 5 meses da série Google

#### 4.1.5. Comparação de modelos

Os resultados obtidos por todos os modelos serão comparados através de dois critérios o EMP, já utilizado para demonstrar o grau de acurácia dos modelos ao longo deste capítulo, e o MQE, que serve para confirmar a precisão do modelo medido pelo EMA, ou como critério

de desempate, em caso onde isso ocorre. A tabela a seguir apresenta o erro médio percentual dos modelos para as séries em estudo.

MODELO	IP	Google
AES	-0.0683	0.083
AET	-0.0024	0.1277
AEZ	0.13327	0.384

**Tabela 14:** Tabela de comparação dos EMP dos dois modelos.

Analisando a tabela acima, pode-se constatar que, o alisamento exponencial simples é o modelo que melhor se ajusta aos dados uma vez que apresenta o menor erro médio percentual, no entanto, o modelo de Holt também pode ser usado para modelar a série de IP.

SÉRIES	Erro Previsto	Erro Quadrado	Erro Absoluto	Numerator	Denominator	U de Theil
IP	-0.06	50.50	5.95	0.09	0.05	<b>1.28</b>
Google	0.39	636.85	12.48	0.55	1.26	<b>0.66</b>

**Tabela 15:** Tabela de comparação de estatísticas U de Theil dos dois modelos.

O U – **Estatístico** trata se de um coeficiente estatístico que testa a significância do modelo estimado nas previsões em estudo. Este testa a significância Global até que ponto as previsões estimadas são válidas.

A sua interpretação é feita comparando as duas séries em estudo analisado qual delas é que apresenta o menor valor, tendo como base os seguintes parâmetros:  $U = 1$  (Bom resultado);  $U < 1$  (Melhor que nunca);  $U > 1$  (Previsão não admissível).

Analisando a tabela acima, da presente pesquisa para o **Modelo Alisamento Exponencial Simples**, comparando estas duas fontes a que apresenta menor erro é a fonte IP, em relação a fonte Google, isto é, segundo a interpretação do parâmetro **U de Theil** é igual a 1 (Bom resultado) da fonte IP.

---

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 5.1. Conclusões

Tendo em conta que o objectivo geral deste trabalho foi de analisar a qualidade da latência da fibra óptica SEACOM, bem como estudar a previsão em latência do mesmo meio de transmissão num período de 5 meses, com recurso às teorias probabilísticas, para melhor compreender a qualidade das condições actuais e futuras de conectividade e reversibilidade da fibra óptica com base na sua latência.

Os resultados obtidos nesta pesquisa de análise e previsão da latência, tanto na série IP como na série Google, foram satisfatórios.

Latência	Latência das duas Séries	
	Google	IP
Recomendada pelos Padrões Internacionais	200 ms a 300 ms	200 ms a 300 ms
Observada na análise Estatística (Pesquisa)	325 ms a 334 ms	225 ms a 228 ms

**Tabela 16:** Tabela de comparação de latência observada e a dos padrões Internacionais da Telegeography.

De acordo com os padrões internacionais da Telegeography, a latência recomendada é de 200 a 300 ms. Analisada a latência observada na fonte Google constatou-se que apresentava uma latência média de 329,97 ms, estando fora do padrões internacionais estabelecidos, sendo a latência média da fonte e IP de 226,88 ms, estando dentro do intervalo aceitável pelos padrões internacionais.

A margem de diferença em latência apresentada pelas análises e previsões, constituirá um importante subsídio para as interpretações e tomada de decisões pelos gestores das TIC e utilizadores da fibra óptica SEACOM em Moçambique, pois não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que a latência média das séries IP e Google é a mesma nos diferentes períodos de pesquisa.

---

A variação da latência na fibra óptica SEACOM nos diferentes períodos de pesquisa julgamos que deve-se a alguns factores que são determinantes na variação da latência, nomeadamente:

- A capacidade de dados transferidos da fibra óptica, estudo levado a cabo pela Google, constataram que quanto menor for a latência, maior será a capacidade de largura de banda passante (capacidade de dados) e quanto maior for a latência menor será a capacidade de largura de banda passante (capacidade de dados) na fibra óptica Balshe (2010);
- O congestionamento na fibra óptica que possa criar um estrangulamento na transmissão de dados, consequência de excesso de dados transmitidos no meio de transmissão;
- A distância percorrida pela fibra óptica 13.700 km poderá influenciar na qualidade de latência. O grau de atenuação da fibra óptica ao longo da sua tranjectória depende do comprimento de onda da luz transmitida, isto faz com que a transmissão por fibra óptica não seja um meio 100% eficiente Campos (2002);
- O número de utilizadores a solicitar a comunicação através dos nodos e os servidores remotos. Para o caso particular podemos enquadrar a latência da fonte Google que é alta e estando fora dos padrões Internacionais, por abranger um número elevado de utilizadores a nível mundial. Este número elevado de utilizadores a nível mundial, está associado ao crescimento significativo mundial de utilizadores de serviços de internet, dados e telefonia móvel, segundo o Relatório anual sobre os indicadores e tendências no crescimento de uso das TIC no mundo Internet (2001).

Quanto a comparação da latência observada com a dos padrões internacionais, concluímos que há evidências estatísticas suficientes para afirmar que a latência média da série IP está dentro dos Padrões Internacionais. Esta evidência da latência é justificada pela natureza da própria fonte IP, uma vez que esta é acedida por um número restrito de utilizadores durante um período específico do dia, tendo se constatado que durante a pesquisa a tendência da latência foi crescente no período de ponta (maior número de utilizadores) no uso de largura de banda, sendo decrescente no período de redução dos utilizadores na rede.

Não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que a latência média da série Google está dentro dos Padrões Internacionais. Julgamos que esta latência fora a dos padrões é justificada pela natureza desta fonte uma vez se tratar de um servidor web sujeito a ataques constantes por utilizadores a nível mundial e sem hora específica de acesso.

---

A latência superior aos padrões Internacionais estabelecidos 329,97 ms tem implicações negativas na qualidade dos serviços de telecomunicações, pois inviabiliza a transmissão de dados por elevar o tempo de transferência de dados causando em alguns casos interrupções na transmissão, (*Time out*). Para o acesso a internet, a latência superior tem implicações na lentidão no acesso às páginas consultadas o que acaba causado interrupções no acesso das páginas.

Os modelos propostos para a previsão da latência (Alisamento Exponencial Simples, Alisamento Exponencial com Tendência e Alisamento Exponencial Sazonal são representativos e estão dentro dos limites das precisões apresentados nesta pesquisa. Contudo, foi seleccionado o modelo do Alisamento Exponencial Simples porque se ajusta melhor aos dados uma vez que apresenta o menor erro médio percentual. No entanto, o modelo Alisamento Exponencial com Tendência-Holt também pode ser usado para modelar a série IP Wheelwright (1983).

Ficou claro a partir dos resultados obtidos, que a maior complexidade de um modelo não resulta necessariamente em melhorar o resultado na modelagem dos dados. Nesta pesquisa os modelos de alisamento exponencial simples provaram ser os que mais se ajustam aos dados das duas séries (IP e Google), dadas as características das séries analisadas.

Nesta pesquisa, constatou-se que a evolução das tecnologias de transmissão de dados baseadas em fibra óptica está permitindo dar um salto significativo na vazão e eficiência das redes das TIC.

## **5.2. Recomendações**

É de recomendar que a SEACOM reavalie as razões da variação da latência nas séries IP e Google, com particular atenção para a latência acima dos padrões Internacionais para a série Google, para melhor compreender as razões da oscilação e elevação da latência, de modo a encontrar uma resposta para garantir uma latência constante e dentro dos padrões normais e Internacionalmente reconhecidos para garantir o fornecimento de serviços de qualidade ao utilizador final.

É de recomendar aos utilizadores finais que o presente estudo traz um resultado satisfatório pois a latência observada e prevista na fibra óptica SEACOM apresenta indicadores positivos, embora seja necessário que se efectue uma análise técnica que possa apurar as razões da

---

oscilação da latência para assegurar um ajustamento da mesma, garantindo assim melhores condições de conectividade e reversibilidade.

É de recomendar que a instituição reguladora dos serviços de telecomunicações, para que crie um sector que se encarregue em pesquisas na análise de qualidade de latência na infraestrutura de telecomunicações pública nacionais e privada, com vista a disponibilização de informação relevante sobre a qualidade em latência nos serviços licenciados para os operadores, o que contribuirá na prestação de serviços com melhor qualidade para o utilizador final, para além de contribuir no desenvolvimento políticas e estratégias no sector das Tecnologias de Informação e Comunicação TIC no país.

Recomendamos ainda que se efectue uma pesquisa similar, recorrendo a dados de latência na rede MPLS, isto é, com um roteamento direccionado exclusivo para a pesquisa, o que acreditamos que poderá apresentar registos de latência com um comportamento específico que servirá de base de comparação para com a actual pesquisa.

---

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ABLE, K. M. 1998. *Lightwave Spacial Report, Optical fiber spans 30 years*. New York: <http://www.corning.com/docs/opticalfiber/r3461.pdf>.
2. AGRAWAL, Govind P. 1995. *Nonlinear Fiber Optics..* New York: Academic Press.
3. AGRAWAL, Govind P. 1997. *Fiber Optics Communications Systems, Wiley Series in Microondas and Optical Engineering*. California.
4. ALVES, José Carlos. 2004. *Sistemas Digitais, Engenharia Electrónica de Computadores*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
5. ANTOS, J A. 1994. *Lightwave Technology*. v30(161).
6. BARBOSA, Álvaro. 2005. Network latency adaptive tempo in the public sound objects system. In: *International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Vancouver: <http://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/5008>, p.21.
7. BELSHE, Mike. 2013. More Bandwidth Doesen't Matter much. <https://docs.google.com/a/chromium.org/>, 04 Novembro, p.6.
8. BORELLA, S. 1997. *Proceedings of the IEEE*, v85, n8, 1274, 1997.
9. BOX, George Edward Pelham. 1994. *Time Series Analysis - Forecasting and Control*. New Jersey: Prentice Hall.
10. BROWN, Robert G. 1956. Exponential Smoothing for Predciting Demand. In: 1961 PUBLISHED ONLINE: OCTOBER 1, (ed). *Décima Reunião Anual da Operations Research Society of America*. São Francisco: Permalink: <http://dx.doi.org/10.1287/opre.9.5.673>.
11. CAMPOS, André Luiz Gonçalves. 2002. Fibras ópticas - Uma realidade reconhecida e aprovada. *Boletim bimestral sobre tecnologia de redes*, 12 Abril.
12. CARDOSO, Mayra Moutinho. 2005. *Simulação de Modelos GARCH para Séries Temporais Univariadas de Demanda de Energia Eléctrica para Consumidores Livres em regime Curto Prazo*. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá.
13. CIS.OHIO-STATE.EDU. 2013. <http://www.cis.ohio-state.edu>. [online]. [Accessed 16 Dezembro 2013]. Available from World Wide Web: <<http://www.cis.ohio-state.edu>>
14. CONFLUENCE.SLAC.STANFORD.EDU. 2010. *New E., Coast of Africa Fibre. Internet End-to-End Performance Monitoring*. California: <https://confluence.slac.stanford.edu>.
15. DAMODAR, N. Gujarati. 2006. *Econometria básica. São Paulo*. São Paulo: Editora Campus.
16. DICKEY, David A. and Wayne A. FULLEY. 1979. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association* 74 (366), 427-431. 74(366), pp.427-431.

- 
17. DO CARMO, Silvio. 2009. The Gateway Vision, Fibre Connectivity: Its advantages & how it's revolutionising communications in East Africa - Fibre Capacity: Current & Future Requirements, The current East and Southern African Broadband Market, Projected Market Growth 2006-2013". In: AITEC, (ed). *AITEC Mozambique International ICT Congress*. Maputo: AITEC, p.20.
  18. EHLERS, Sandes Ricardo. 2005. *Análise de séries temporais*. Curitiba: UFPR.
  19. FOGLIATTO, Flávio Sanson. 2001. Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa. *Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa*, 10 Janeiro, p.23.
  20. FONSECA, Rodrigues and Mayara Mountinho CARDOSO. 1995. *Uma visão qualitativa geral do seu comportamento das curvas das Séries*. Itajubá: Universidade de Itajubá.
  21. FOROUZAN, Behrouz A. 2007. *Data Communications and Networking (McGraw-Hill Forouzan Networking)*. New York: Alan R. Apt.
  22. GIL, António Carlos. 2008. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Editora Atlas.
  23. GRANGER, Clive William John. 1977. Understanding Superior Recession in Econometrics. *Cowles Foundation - Yale University.*, p.20.
  24. HORAK, Peter, Gilberto BRAMBILLA, Fei XU et al. 2009. *Optical fiber nanowires and microwires: fabrication and applications. Advances in Optics and Photonics*. Southampton: Optoelectronics Research Centre, University of Southampton.
  25. INTERNET, World Stats. 2001. *www.internetworldstats.com*. [online]. [Accessed 22 Fevereiro 2014]. Available from World Wide Web: <<http://www.internetworldstats.com>>
  26. ISSLER, João Victor. 1999. *Série de Media Móvel. ENSAIOS SOBRE CICLOS DE NEGÓCIOS*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas Escola de Pós-Graduação em Economia Doutorado em Economia.
  27. ITU. 2013. *Digital Access Index*. [online]. [Accessed 12 Jan 2013]. Available from World Wide Web: <<http://www.itu.int>>
  28. ITU, International Telecommunication Union. 2014. *ITU Yearbook of Statistics 2014, ICT Indicators Database*. Geneva: International Telecommunication Union (ITU).
  29. MAKRIDAKIS, Spyros, Steven Charles WHEELWRIGTH, and Victor E MCGEE.
  30. MAKRIDAKIS, Spyros, Steven Charles WHEELWRIGTH, and Victor E MCGEE. 1998. *Forecasting Methods and Applications*. New York: John Wiley & Sons.
  31. MARGARET L. MCLAUGHLIN, Michael J. Cody, Carl S. Robey. 2006. Situational influences of the selection of strategies to resist compliance-gaining attempts. *Human Communication Research. Online*.
  32. MASSINGUE, Venâncio Simão. 2003. *Sensibilizar e Criar um Instrumento de Suporte às Universidades Africanas na Gestão das TIC – Os Cinco Grandes de TIC*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.

- 
33. MCGEE, Victor. 1983. *Forecasting: Methods and Applications*. New York: John Wiley & Sons.
  34. MORETTIN, Pedro Alberto. 1986. *Métodos Quantitativos – Séries Temporais*. São Paulo: São paulo.
  35. NGWENHA, Narciso. 2009. SEACOM, Visão, AITEC Mozambique International ICT Congress. In: AITEC, (ed). *AITEC Mozambique International ICT Congress, Mozambique*. Maputo: AITEC, p.15.
  36. PESTANA, Maria Helena. 1998. *Análise de Dados para Ciências Sociais. A Complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
  37. RINCONDELVAGO.COM/FIBRA-OPTICAL. 2013. *Os tipos de fibra óptica-Multimodo*. [online]. [Accessed 15 Dezembro 2013]. Available from World Wide Web: <[http://html.rincondelvago.com/fibra-optica\\_2.html](http://html.rincondelvago.com/fibra-optica_2.html)>
  38. SADC, Sector das TIC. 2012. *Plano Director Regional de Desenvolvimento de Infra-estruturas, Novas fundações para a próxima geração*. Maputo: SADC.
  39. SCHUMACHER, Ernst Friedrich. 1979. *Uma maquina de prever o futuro, in O Negócio é Ser Pequeno*. Rio.: Rio.
  40. SDU.ICTP.IT. 2013. *PingER Data for Africa*. [online]. [Accessed 10 Novembro 2013]. Available from World Wide Web: <<http://sdu.ictp.it>>
  41. SEACOM. 2009. *Mapa da rede de Pontos de Presença (PoP) Fibra Ópticas Africa*. [online]. [Accessed 15 Abril 2014]. Available from World Wide Web: <<http://seacom.mu/network/>>
  42. SELLTIZ, Clair. 1967. *Métodos de pesquisa nas relações sociais*. São Paulo: Herder.
  43. SEVERINO, Antonio Joaquim. 2000. *Metodologia do Trabalho Científico*. São Paulo: Cortez Editora.
  44. TECMUNDO. 2013. <http://www.tecmundo.com.br>. [online]. [Accessed 15 Dezembro 2013].
  45. TELEGEOGRAPHY. 1999. *submarine-cable-map-2015*. [online]. [Accessed 6 Janeiro 2015]. Available from World Wide Web: <<http://submarine-cable-map-2015.telegeography.com/>>
  46. TEST-NET.ORG. 2013. *Ping Teste*. [online]. [Accessed 15 Dezembro 2013]. Available from World Wide Web: <<http://www.test-net.org.>>
  47. THEIL, Henri. 1966. *Applied Economic Forecasting*. Amsterdam: Amsterdam.
  48. TRIVINOS, Nivaldo Silva Augusto. 1987. *Introdução à pesquisa em ciências sociais. A pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas.
  49. UNDERSEA , Africa Cables. 1999. *Many Possibilities, Africa Undersea Cables*. [online]. [Accessed 26 Março 2014]. Available from World Wide Web: <<http://manypossibilities.net/african-undersea-cables/>>

---

## APÊNDICE

Mês	Período	Latência em Milissegundos	Fonte	Mês	Período	Latência em Milissegundos	Fonte
Julho	08:00 - 10:00	233	Cisco Router IP	Dezembro	08:00 - 10:00	233	Cisco Router IP
	10:00 - 12:00	236	Cisco Router IP		10:00 - 12:00	237	Cisco Router IP
	12:00 - 14:00	235	Cisco Router IP		12:00 - 14:00	234	Cisco Router IP
	14:00 - 16:00	234	Cisco Router IP		14:00 - 16:00	233	Cisco Router IP
	16:00 - 18:00	232	Cisco Router IP		16:00 - 18:00	232	Cisco Router IP
	18:00 - 20:00	224	Cisco Router IP		18:00 - 20:00	221	Cisco Router IP
	20:00 - 22:00	221	Cisco Router IP		20:00 - 22:00	220	Cisco Router IP
	22:00 - 24:00	220	Cisco Router IP		22:00 - 24:00	219	Cisco Router IP
	24:00 - 02:00	219	Cisco Router IP		24:00 - 02:00	220	Cisco Router IP
	02:00 - 04:00	220	Cisco Router IP		02:00 - 04:00	220	Cisco Router IP
Agosto	08:00 - 10:00	234	Cisco Router IP	Janeiro	08:00 - 10:00	232	Cisco Router IP
	10:00 - 12:00	235	Cisco Router IP		10:00 - 12:00	234	Cisco Router IP
	12:00 - 14:00	236	Cisco Router IP		12:00 - 14:00	235	Cisco Router IP
	14:00 - 16:00	234	Cisco Router IP		14:00 - 16:00	234	Cisco Router IP
	16:00 - 18:00	231	Cisco Router IP		16:00 - 18:00	231	Cisco Router IP
	18:00 - 20:00	221	Cisco Router IP		18:00 - 20:00	223	Cisco Router IP
	20:00 - 22:00	220	Cisco Router IP		20:00 - 22:00	219	Cisco Router IP
	22:00 - 24:00	219	Cisco Router IP		22:00 - 24:00	220	Cisco Router IP
	24:00 - 02:00	220	Cisco Router IP		24:00 - 02:00	219	Cisco Router IP
	02:00 - 04:00	219	Cisco Router IP		02:00 - 04:00	218	Cisco Router IP
Setembro	08:00 - 10:00	232	Cisco Router IP	Fevereiro	08:00 - 10:00	233	Cisco Router IP
	10:00 - 12:00	236	Cisco Router IP		10:00 - 12:00	237	Cisco Router IP
	12:00 - 14:00	234	Cisco Router IP		12:00 - 14:00	234	Cisco Router IP
	14:00 - 16:00	233	Cisco Router IP		14:00 - 16:00	233	Cisco Router IP
	16:00 - 18:00	232	Cisco Router IP		16:00 - 18:00	230	Cisco Router IP
	18:00 - 20:00	222	Cisco Router IP		18:00 - 20:00	221	Cisco Router IP
	20:00 - 22:00	219	Cisco Router IP		20:00 - 22:00	220	Cisco Router IP
	22:00 - 24:00	220	Cisco Router IP		22:00 - 24:00	219	Cisco Router IP
	24:00 - 02:00	218	Cisco Router IP		24:00 - 02:00	220	Cisco Router IP
	02:00 - 04:00	220	Cisco Router IP		02:00 - 04:00	219	Cisco Router IP
Outubro	08:00 - 10:00	232	Cisco Router IP	Marco	08:00 - 10:00	234	Cisco Router IP
	10:00 - 12:00	237	Cisco Router IP		10:00 - 12:00	235	Cisco Router IP
	12:00 - 14:00	235	Cisco Router IP		12:00 - 14:00	236	Cisco Router IP
	14:00 - 16:00	234	Cisco Router IP		14:00 - 16:00	232	Cisco Router IP
	16:00 - 18:00	230	Cisco Router IP		16:00 - 18:00	232	Cisco Router IP
	18:00 - 20:00	221	Cisco Router IP		18:00 - 20:00	223	Cisco Router IP
	20:00 - 22:00	221	Cisco Router IP		20:00 - 22:00	220	Cisco Router IP
	22:00 - 24:00	219	Cisco Router IP		22:00 - 24:00	220	Cisco Router IP
	24:00 - 02:00	219	Cisco Router IP		24:00 - 02:00	219	Cisco Router IP
	02:00 - 04:00	219	Cisco Router IP		02:00 - 04:00	220	Cisco Router IP
Novembro	08:00 - 10:00	230	Cisco Router IP	Abril	08:00 - 10:00	233	Cisco Router IP
	10:00 - 12:00	235	Cisco Router IP		10:00 - 12:00	237	Cisco Router IP
	12:00 - 14:00	236	Cisco Router IP		12:00 - 14:00	237	Cisco Router IP
	14:00 - 16:00	235	Cisco Router IP		14:00 - 16:00	233	Cisco Router IP
	16:00 - 18:00	231	Cisco Router IP		16:00 - 18:00	232	Cisco Router IP
	18:00 - 20:00	224	Cisco Router IP		18:00 - 20:00	224	Cisco Router IP
	20:00 - 22:00	219	Cisco Router IP		20:00 - 22:00	219	Cisco Router IP
	22:00 - 24:00	220	Cisco Router IP		22:00 - 24:00	219	Cisco Router IP
	24:00 - 02:00	220	Cisco Router IP		24:00 - 02:00	220	Cisco Router IP
	02:00 - 04:00	218	Cisco Router IP		02:00 - 04:00	219	Cisco Router IP

**Apêndice 1:** Base de dados da fonte IP com latências médias de 100 pingas referentes a 10 meses de pesquisa (De Julho de 2013 a Abril de 2014)

Mês	Período	Latência em Milissegundos	Fonte	Mês	Período	Latência em Milissegundos	Fonte
Julho	08:00 - 10:00	320	Google.com	Dezembro	08:00 - 10:00	371	Google.com
	10:00 - 12:00	360	Google.com		10:00 - 12:00	323	Google.com
	12:00 - 14:00	326	Google.com		12:00 - 14:00	329	Google.com
	14:00 - 16:00	328	Google.com		14:00 - 16:00	340	Google.com
	16:00 - 18:00	380	Google.com		16:00 - 18:00	326	Google.com
	18:00 - 20:00	323	Google.com		18:00 - 20:00	226	Google.com
	20:00 - 22:00	322	Google.com		20:00 - 22:00	331	Google.com
	22:00 - 24:00	325	Google.com		22:00 - 24:00	331	Google.com
	24:00 - 02:00	328	Google.com		24:00 - 02:00	327	Google.com
	02:00 - 04:00	325	Google.com		02:00 - 04:00	328	Google.com
Agosto	08:00 - 10:00	321	Google.com	Janeiro	08:00 - 10:00	321	Google.com
	10:00 - 12:00	379	Google.com		10:00 - 12:00	323	Google.com
	12:00 - 14:00	333	Google.com		12:00 - 14:00	327	Google.com
	14:00 - 16:00	330	Google.com		14:00 - 16:00	328	Google.com
	16:00 - 18:00	323	Google.com		16:00 - 18:00	326	Google.com
	18:00 - 20:00	227	Google.com		18:00 - 20:00	328	Google.com
	20:00 - 22:00	323	Google.com		20:00 - 22:00	331	Google.com
	22:00 - 24:00	331	Google.com		22:00 - 24:00	326	Google.com
	24:00 - 02:00	330	Google.com		24:00 - 02:00	330	Google.com
	02:00 - 04:00	328	Google.com		02:00 - 04:00	331	Google.com
Setembro	08:00 - 10:00	322	Google.com	Fevereiro	08:00 - 10:00	322	Google.com
	10:00 - 12:00	380	Google.com		10:00 - 12:00	373	Google.com
	12:00 - 14:00	332	Google.com		12:00 - 14:00	331	Google.com
	14:00 - 16:00	325	Google.com		14:00 - 16:00	338	Google.com
	16:00 - 18:00	326	Google.com		16:00 - 18:00	327	Google.com
	18:00 - 20:00	325	Google.com		18:00 - 20:00	328	Google.com
	20:00 - 22:00	228	Google.com		20:00 - 22:00	323	Google.com
	22:00 - 24:00	328	Google.com		22:00 - 24:00	333	Google.com
	24:00 - 02:00	337	Google.com		24:00 - 02:00	330	Google.com
	02:00 - 04:00	331	Google.com		02:00 - 04:00	326	Google.com
Outubro	08:00 - 10:00	325	Google.com	Marco	08:00 - 10:00	322	Google.com
	10:00 - 12:00	379	Google.com		10:00 - 12:00	326	Google.com
	12:00 - 14:00	327	Google.com		12:00 - 14:00	328	Google.com
	14:00 - 16:00	330	Google.com		14:00 - 16:00	326	Google.com
	16:00 - 18:00	378	Google.com		16:00 - 18:00	323	Google.com
	18:00 - 20:00	328	Google.com		18:00 - 20:00	323	Google.com
	20:00 - 22:00	330	Google.com		20:00 - 22:00	331	Google.com
	22:00 - 24:00	333	Google.com		22:00 - 24:00	329	Google.com
	24:00 - 02:00	328	Google.com		24:00 - 02:00	331	Google.com
	02:00 - 04:00	330	Google.com		02:00 - 04:00	327	Google.com
Novembro	08:00 - 10:00	332	Google.com	Abril	08:00 - 10:00	321	Google.com
	10:00 - 12:00	380	Google.com		10:00 - 12:00	325	Google.com
	12:00 - 14:00	328	Google.com		12:00 - 14:00	325	Google.com
	14:00 - 16:00	327	Google.com		14:00 - 16:00	331	Google.com
	16:00 - 18:00	323	Google.com		16:00 - 18:00	380	Google.com
	18:00 - 20:00	323	Google.com		18:00 - 20:00	323	Google.com
	20:00 - 22:00	378	Google.com		20:00 - 22:00	331	Google.com
	22:00 - 24:00	332	Google.com		22:00 - 24:00	341	Google.com
	24:00 - 02:00	328	Google.com		24:00 - 02:00	327	Google.com
	02:00 - 04:00	328	Google.com		02:00 - 04:00	330	Google.com

**Apêndice 2:** Base de dados da fonte Google com latências médias de 100 pingas referentes a 10 meses de pesquisa (De Julho de 2013 a Abril de 2014)

AES (IP)	Pródos	Latência Prevista (t)	AET (IP)	Pródos	Latência Prevista (t)	HOLT (IP)	Pródos	Latência Prevista (t)
Maio 2014	08:00 - 10:00	225	Maio 2014	08:00 - 10:00	225	Maio 2014	08:00 - 10:00	221
	10:00 - 12:00	225		10:00 - 12:00	225		10:00 - 12:00	220
	12:00 - 14:00	225		12:00 - 14:00	225		12:00 - 14:00	227
	14:00 - 16:00	225		14:00 - 16:00	225		14:00 - 16:00	220
	16:00 - 18:00	225		16:00 - 18:00	225		16:00 - 18:00	229
	18:00 - 20:00	225		18:00 - 20:00	224		18:00 - 20:00	229
	20:00 - 22:00	225		20:00 - 22:00	224		20:00 - 22:00	227
	22:00 - 24:00	225		22:00 - 24:00	224		22:00 - 24:00	220
	24:00 - 02:00	225		24:00 - 02:00	224		24:00 - 02:00	228
02:00 - 04:00	225	02:00 - 04:00	224	02:00 - 04:00	224			
Junho 2014	08:00 - 10:00	225	Junho 2014	08:00 - 10:00	224	Junho 2014	08:00 - 10:00	222
	10:00 - 12:00	225		10:00 - 12:00	223		10:00 - 12:00	218
	12:00 - 14:00	225		12:00 - 14:00	223		12:00 - 14:00	221
	14:00 - 16:00	225		14:00 - 16:00	223		14:00 - 16:00	220
	16:00 - 18:00	225		16:00 - 18:00	223		16:00 - 18:00	219
	18:00 - 20:00	225		18:00 - 20:00	223		18:00 - 20:00	219
	20:00 - 22:00	225		20:00 - 22:00	222		20:00 - 22:00	225
	22:00 - 24:00	225		22:00 - 24:00	222		22:00 - 24:00	220
	24:00 - 02:00	225		24:00 - 02:00	222		24:00 - 02:00	226
02:00 - 04:00	225	02:00 - 04:00	222	02:00 - 04:00	225			
Julho 2014	08:00 - 10:00	225	Julho 2014	08:00 - 10:00	222	Julho 2014	08:00 - 10:00	224
	10:00 - 12:00	225		10:00 - 12:00	222		10:00 - 12:00	218
	12:00 - 14:00	225		12:00 - 14:00	221		12:00 - 14:00	223
	14:00 - 16:00	225		14:00 - 16:00	221		14:00 - 16:00	217
	16:00 - 18:00	225		16:00 - 18:00	221		16:00 - 18:00	216
	18:00 - 20:00	225		18:00 - 20:00	221		18:00 - 20:00	215
	20:00 - 22:00	225		20:00 - 22:00	221		20:00 - 22:00	223
	22:00 - 24:00	225		22:00 - 24:00	221		22:00 - 24:00	215
	24:00 - 02:00	225		24:00 - 02:00	220		24:00 - 02:00	225
02:00 - 04:00	225	02:00 - 04:00	220	02:00 - 04:00	224			
Agosto 2014	08:00 - 10:00	225	Agosto 2014	08:00 - 10:00	220	Agosto 2014	08:00 - 10:00	222
	10:00 - 12:00	225		10:00 - 12:00	220		10:00 - 12:00	216
	12:00 - 14:00	225		12:00 - 14:00	220		12:00 - 14:00	223
	14:00 - 16:00	225		14:00 - 16:00	220		14:00 - 16:00	220
	16:00 - 18:00	225		16:00 - 18:00	219		16:00 - 18:00	218
	18:00 - 20:00	225		18:00 - 20:00	219		18:00 - 20:00	214
	20:00 - 22:00	225		20:00 - 22:00	219		20:00 - 22:00	217
	22:00 - 24:00	225		22:00 - 24:00	219		22:00 - 24:00	215
	24:00 - 02:00	225		24:00 - 02:00	219		24:00 - 02:00	214
02:00 - 04:00	225	02:00 - 04:00	219	02:00 - 04:00	214			
Setembro 2014	08:00 - 10:00	225	Setembro 2014	08:00 - 10:00	218	Setembro 2014	08:00 - 10:00	221
	10:00 - 12:00	225		10:00 - 12:00	218		10:00 - 12:00	216
	12:00 - 14:00	225		12:00 - 14:00	218		12:00 - 14:00	222
	14:00 - 16:00	225		14:00 - 16:00	218		14:00 - 16:00	221
	16:00 - 18:00	225		16:00 - 18:00	218		16:00 - 18:00	219
	18:00 - 20:00	225		18:00 - 20:00	217		18:00 - 20:00	213
	20:00 - 22:00	225		20:00 - 22:00	217		20:00 - 22:00	218
	22:00 - 24:00	225		22:00 - 24:00	217		22:00 - 24:00	212
	24:00 - 02:00	225		24:00 - 02:00	217		24:00 - 02:00	211
02:00 - 04:00	225	02:00 - 04:00	217	02:00 - 04:00	211			

**Apêndice 3:** Tabela das Previsões, resultados da fonte IP com modelos (AES, AET e HOLT) com latências médias de 100 pingas referentes a 10 meses de pesquisa (De Julho de 2013 a Abril de 2014)

<b>AES (Google)</b>	Pródos	Latência Prevista (t)	<b>AET (Google)</b>	Pródos	Latência Prevista (t)	<b>HOLT (Google)</b>	Pródos	Latência Prevista (t)
Maio 2014	08:00 - 10:00	332	Maio 2014	08:00 - 10:00	332	Maio 2014	08:00 - 10:00	336
	10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	336
	12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	331
	14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	326
	16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	329
	18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	332
	20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	337
	22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	335
	24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	331
	02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	333
Junho 2014	08:00 - 10:00	332	Junho 2014	08:00 - 10:00	332	Junho 2014	08:00 - 10:00	333
	10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	325
	12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	335
	14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	346
	16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	340
	18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	337
	20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	334
	22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	342
	24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	350
	02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	342
Julho 2014	08:00 - 10:00	332	Julho 2014	08:00 - 10:00	332	Julho 2014	08:00 - 10:00	337
	10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	341
	12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	332
	14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	337
	16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	342
	18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	343
	20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	338
	22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	332
	24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	336
	02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	339
Agosto 2014	08:00 - 10:00	332	Agosto 2014	08:00 - 10:00	332	Agosto 2014	08:00 - 10:00	343
	10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	341
	12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	337
	14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	339
	16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	339
	18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	331
	20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	342
	22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	353
	24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	347
	02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	343
Setembro 2014	08:00 - 10:00	332	Setembro 2014	08:00 - 10:00	332	Setembro 2014	08:00 - 10:00	340
	10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	332		10:00 - 12:00	349
	12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	332		12:00 - 14:00	357
	14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	332		14:00 - 16:00	349
	16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	332		16:00 - 18:00	344
	18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	332		18:00 - 20:00	347
	20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	332		20:00 - 22:00	338
	22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	332		22:00 - 24:00	343
	24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	332		24:00 - 02:00	349
	02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	332		02:00 - 04:00	349

**Apêndice 4:** Tabela das Previsão, Resultados da fonte Google com modelos (AES, AET e HOLT) com latências médias de 100 pingas referentes a 10 meses de pesquisa (De Julho de 2013 a Abril de 2014)

	Seacom	EASSy	TEAMs	WACS	MainOne	GLO1
<b>Cost (millions of USD)</b>	650	265	130	600	240	150
<b>Length (km)</b>	13,700	10,000	4,500	14,000	7,000	9,500
<b>Capacity</b>	1.28 Tb/s	1.4 Tb/s	1.28 Tb/s	3.84 Tb/s	1.92 Tb/s	640 Gb/s
<b>Completion</b>	July 2009	June 2010	September 2009	Q2 2011	June 2010	November 2009

**Apêndice 5:** Algumas das fibra suas capacidades Segundo a African Undersea Cables até 2011

```

Mac — bash — 66x24
Last login: Fri Sep  5 23:54:09 on ttys000
Macbookpros-MacBook-Pro-15:~ Mac$ ping google.com
PING google.com (74.125.233.46): 56 data bytes
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=0 ttl=54 time=87.062 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=1 ttl=54 time=103.646 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=2 ttl=54 time=79.191 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=3 ttl=54 time=65.741 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=4 ttl=54 time=82.373 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=5 ttl=54 time=83.365 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=6 ttl=54 time=93.013 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=7 ttl=54 time=70.687 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=8 ttl=54 time=222.361 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=9 ttl=54 time=88.185 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=10 ttl=54 time=79.004 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=11 ttl=54 time=75.723 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=12 ttl=54 time=140.550 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=13 ttl=54 time=86.204 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=14 ttl=54 time=83.531 ms
64 bytes from 74.125.233.46: icmp_seq=15 ttl=54 time=81.152 ms
^C
--- google.com ping statistics ---
16 packets transmitted, 16 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 65.741/95.112/222.361/36.660 ms
Macbookpros-MacBook-Pro-15:~ Mac$

```

**Apêndice 6:** Exemplo do Comando *Ping* para a Fonte Google.

Demonstrando a avaliação da latência. Método mais comum de consulta da latência, não sendo viável pois a latência consultada num determinado momento poderá não ser a mesma num outro momento. Recomenda-se efectuar um estudo com vista a uma análise profunda tendo como base uma representativa referentes a dados de latência.

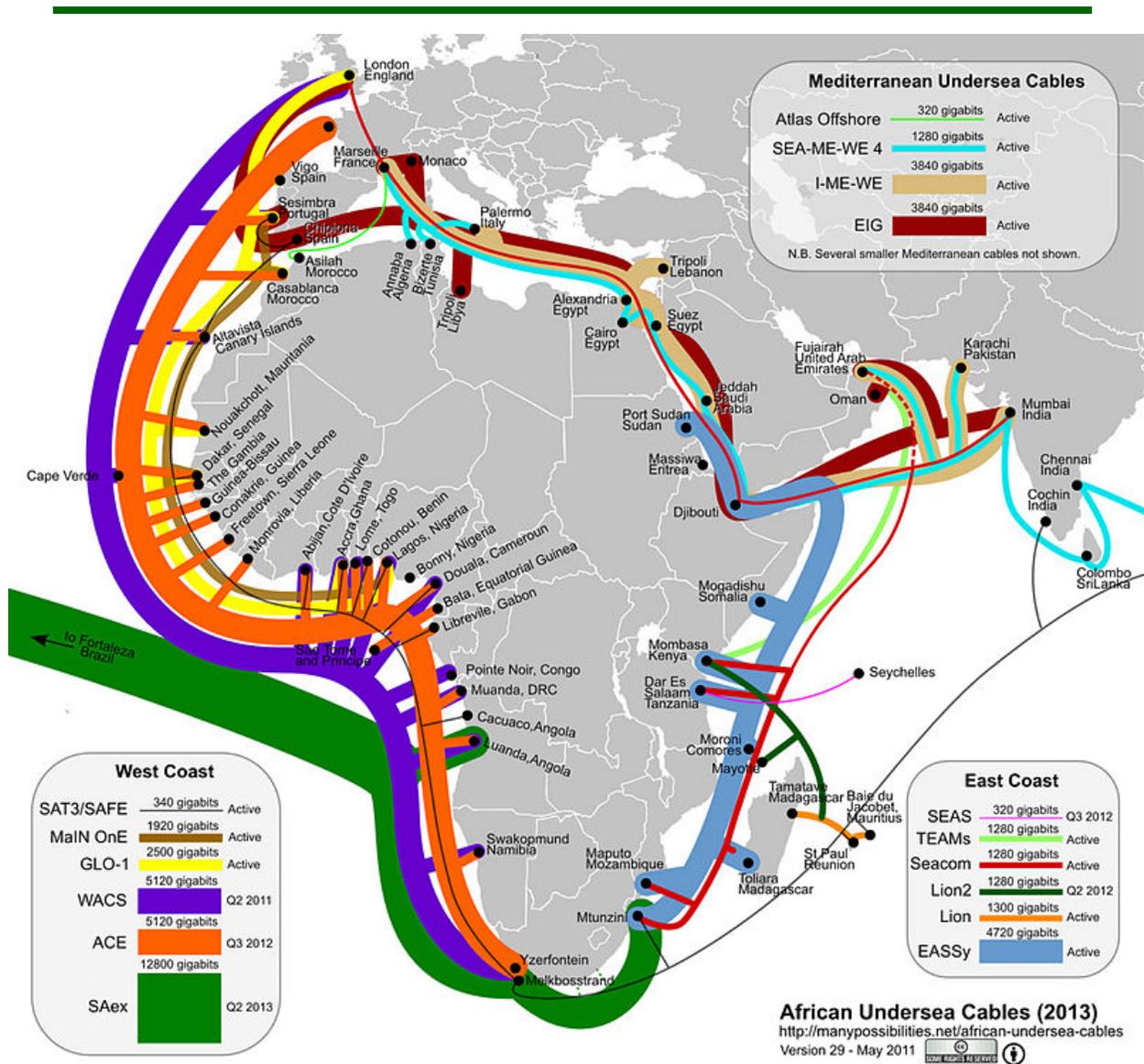
```
Mac — bash — 66x24
Last login: Sat Sep  6 00:07:52 on ttys001
Macbookpros-MacBook-Pro-15:~ Mac$ ping 217.113.83.254
PING 217.113.83.254 (217.113.83.254): 56 data bytes
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=0 ttl=243 time=337.203 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=1 ttl=243 time=358.612 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=2 ttl=243 time=380.833 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=3 ttl=243 time=300.960 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=4 ttl=243 time=323.056 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=5 ttl=243 time=241.891 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=6 ttl=243 time=367.227 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=7 ttl=243 time=390.273 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=8 ttl=243 time=311.013 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=9 ttl=243 time=333.173 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=10 ttl=243 time=249.352 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=11 ttl=243 time=275.193 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=12 ttl=243 time=224.691 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=13 ttl=243 time=319.368 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=14 ttl=243 time=232.701 ms
64 bytes from 217.113.83.254: icmp_seq=15 ttl=243 time=261.769 ms
^C
--- 217.113.83.254 ping statistics ---
16 packets transmitted, 16 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 224.691/306.707/390.273/52.232 ms
Macbookpros-MacBook-Pro-15:~ Mac$
```

**Apêndice 7:** Exemplo do Comando *Ping* para a Fonte IP.

Demonstrando a avaliação da latência. Método mais comum de consulta da latência, não sendo viável pois a latência consultada num determinado momento poderá não ser a mesma num outro momento. Recomenda-se efectuar um estudo com vista a uma análise profunda tendo como base uma representativa referentes a dados de latência.

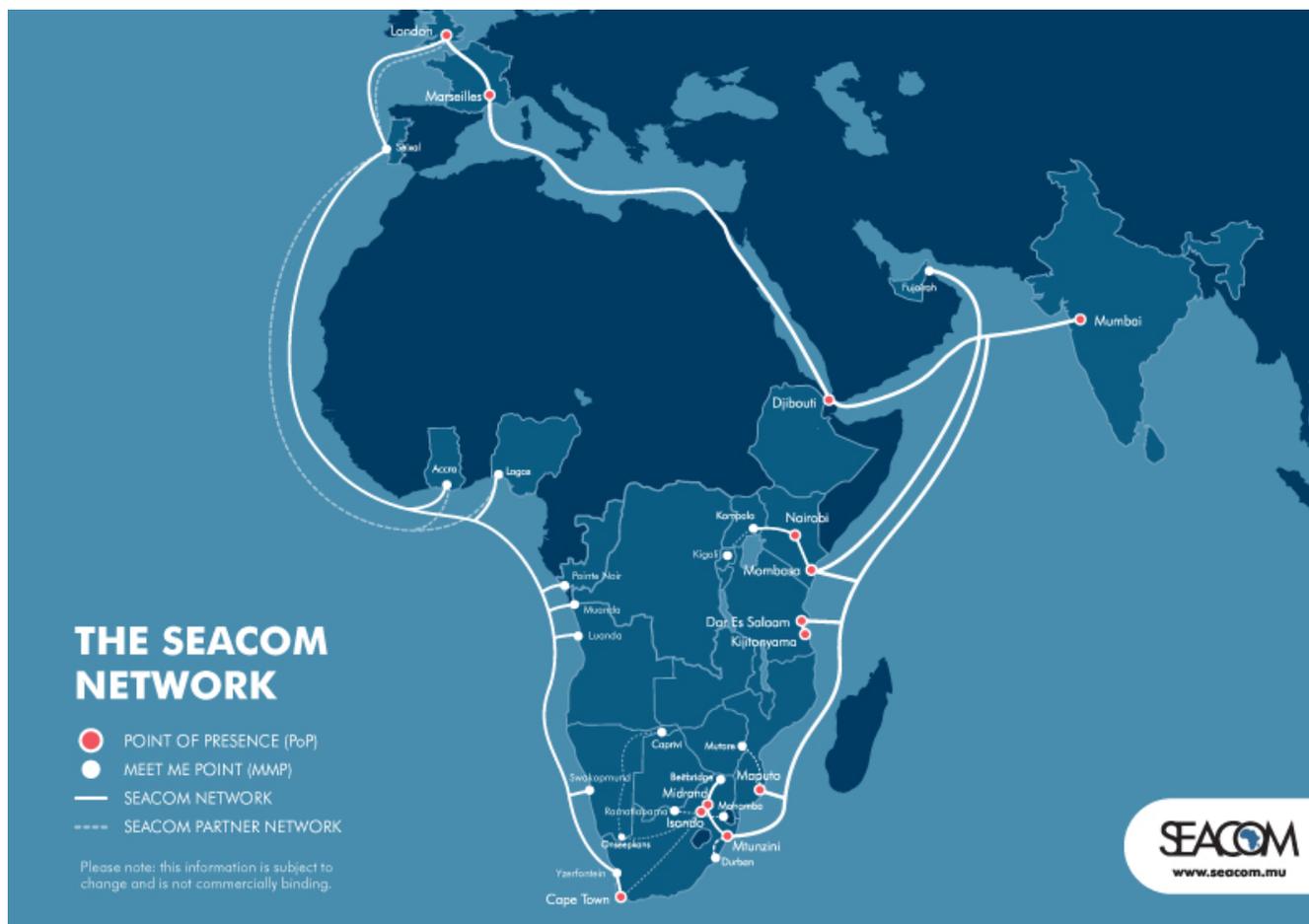
---

## ANEXOS



**Anexo 1: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África 2013**

Fonte: Undersea (2013)



**Anexo 2:** Mapa da rede SEACOM comunicações via Cabos Fibras Ópticas - África 2013

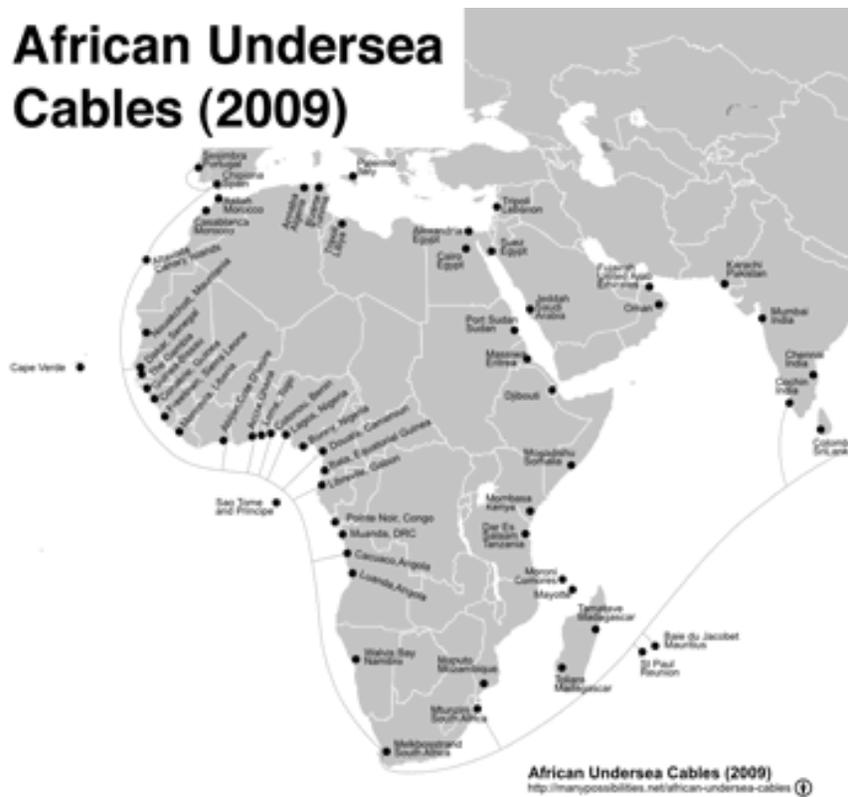
Fonte: Seacom (2009)



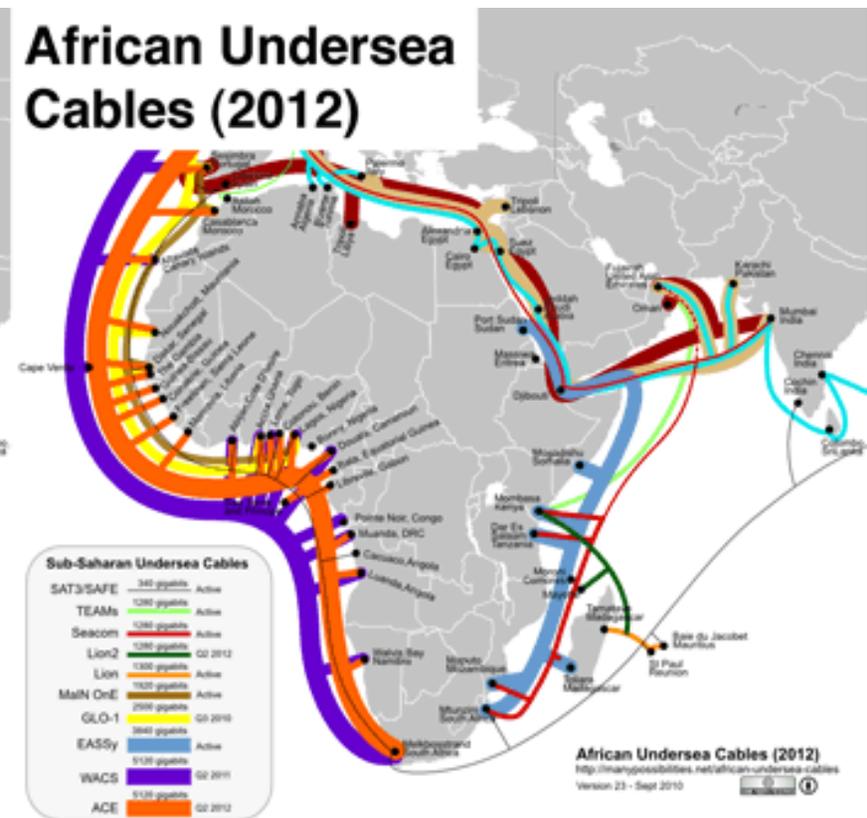
**Anexo 3:** Mapa da rede SEACOM Pontos de Presença (PoP) Ópticas 2013

Fonte: Seacom (2009)

## African Undersea Cables (2009)

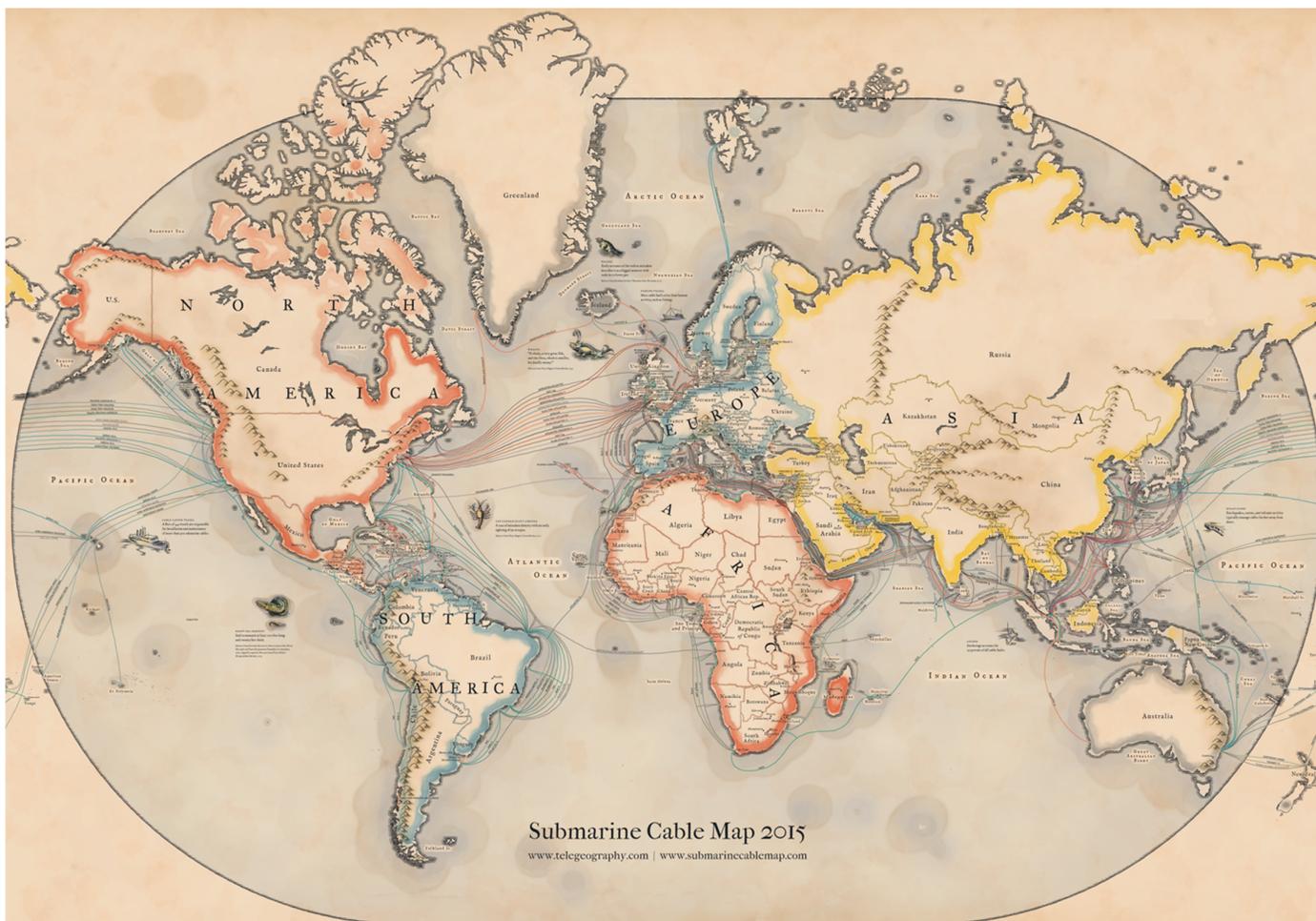


## African Undersea Cables (2012)



**Anexo 4:** Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África Comparação antes e depois - 2009 – 2012

Fonte: Undersea (2012)



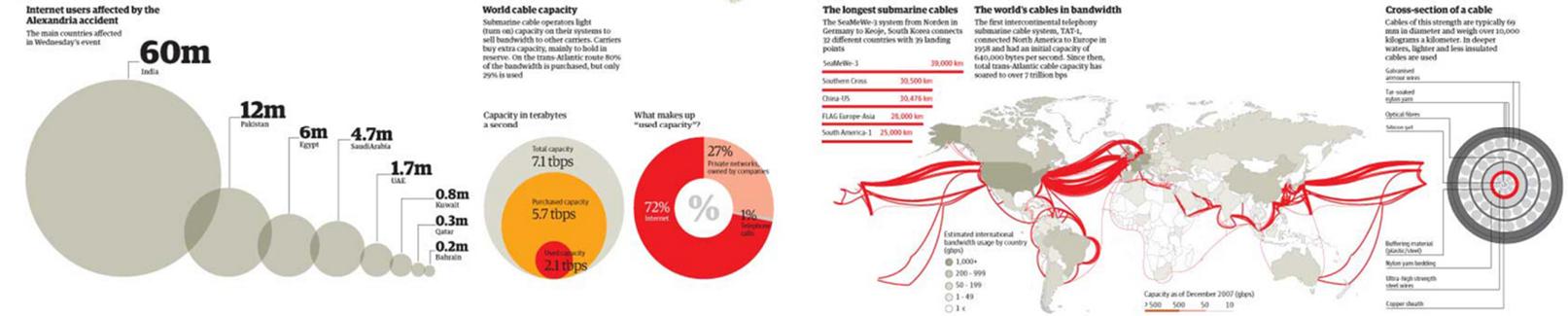
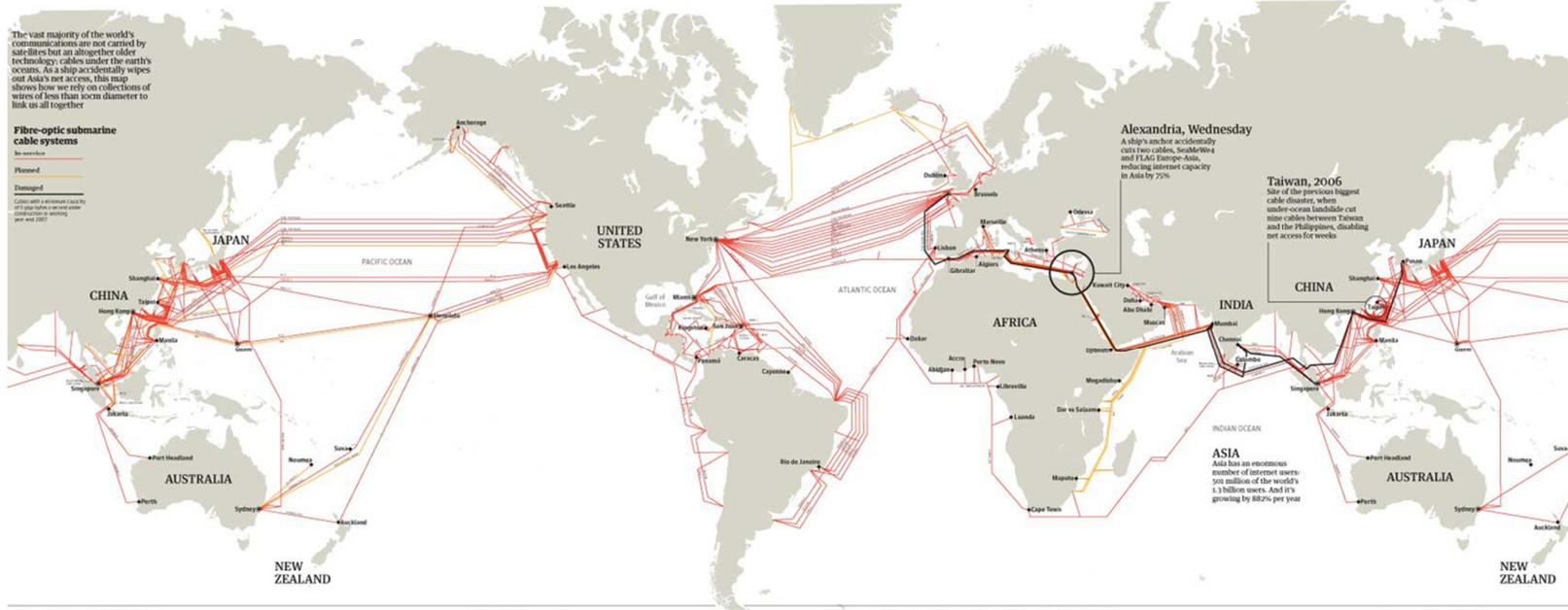
**Anexo 5:** Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) no Mundo, Capacidades e Latências, 2015

Fonte: Telegeography (2015)

A NEW MAP of the SUBMARINE CABLES connecting the World, according to the best Authorities with all the latest Discoveries to the PRESENT PERIOD, 2015.

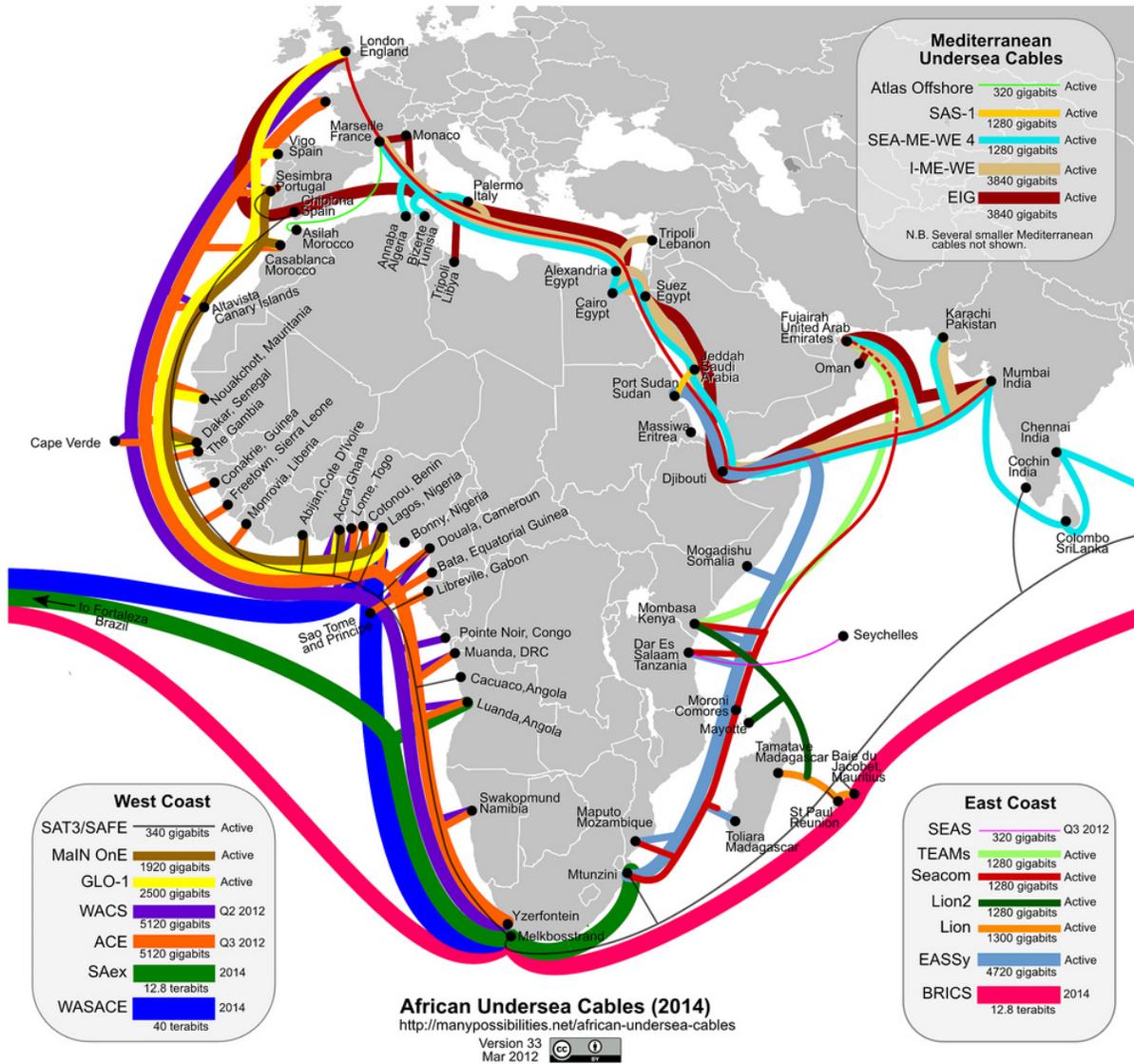


# The internet's undersea world



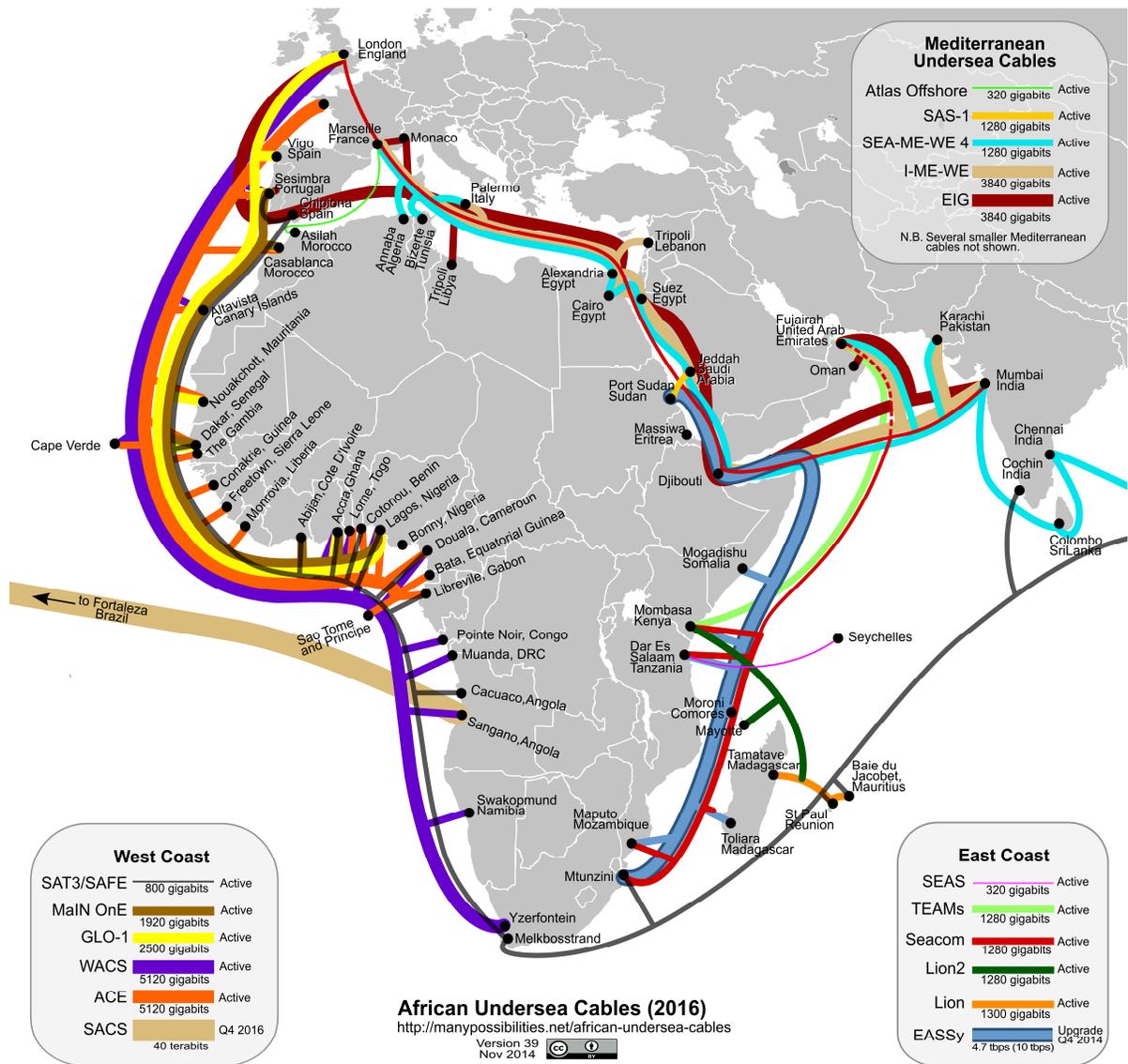
## Anexo 6: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) no Mundo, Capacidades e Níveis de utilização

Fonte: Fonte: Telegeography (2013)



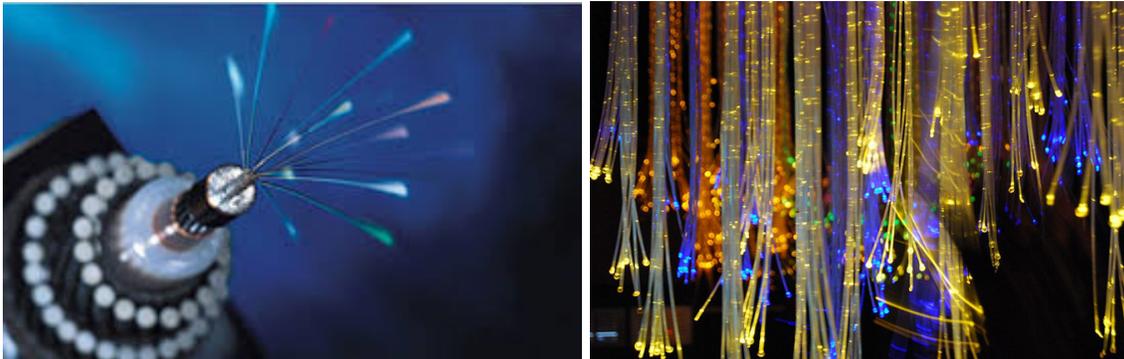
**Anexo 7: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África até 2014**

Fonte: Undersea (2014)



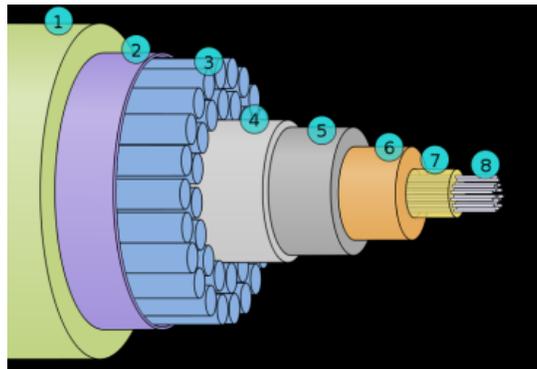
**Anexo 8: Comunicações e Capacidades Via Cabos Submarinos (Fibras Ópticas) África até 2016**

Fonte: Undersea (2015)



**Anexo 9:** Imagem da Fibra óptica

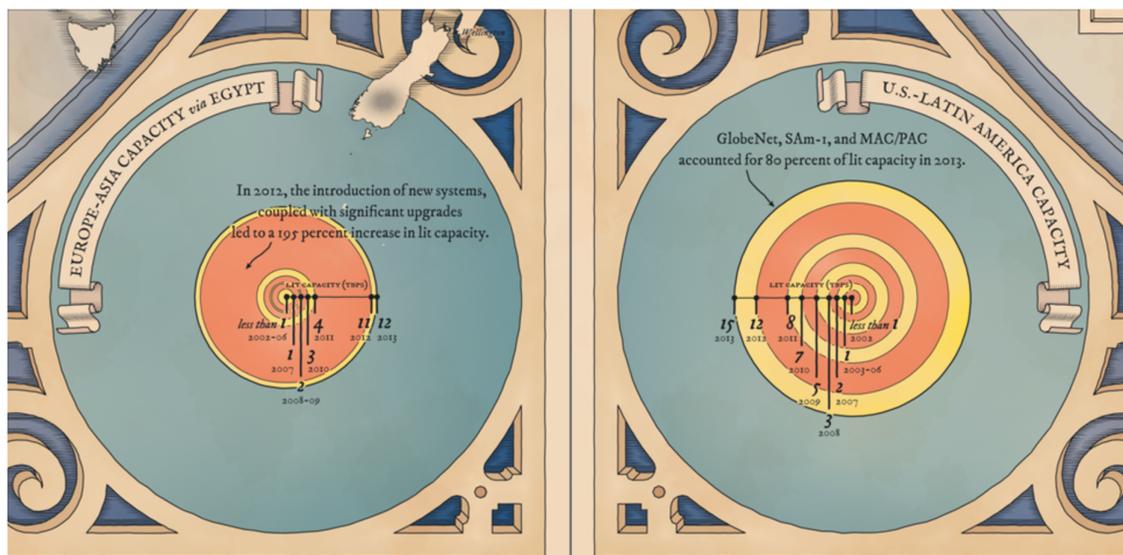
Fonte: Undersea (1999)



1. *Polyethylene,*
2. *Mylar tape,*
3. *Stranded steel wires,*
4. *Aluminium water barrier,*
5. *Polycarbonate,*
6. *Copper or aluminium tube,*
7. *Petroleum jelly,*
8. *Optical Fibres.*

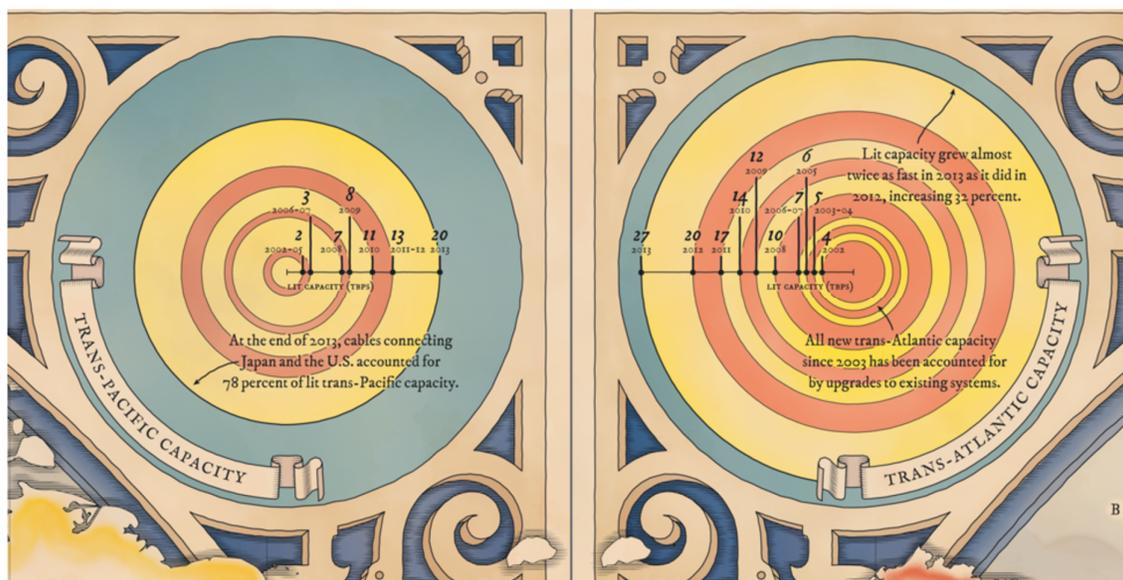
**Anexo 10:** Legenda do Cabo Fibra óptica

Fonte: Undersea (1999)



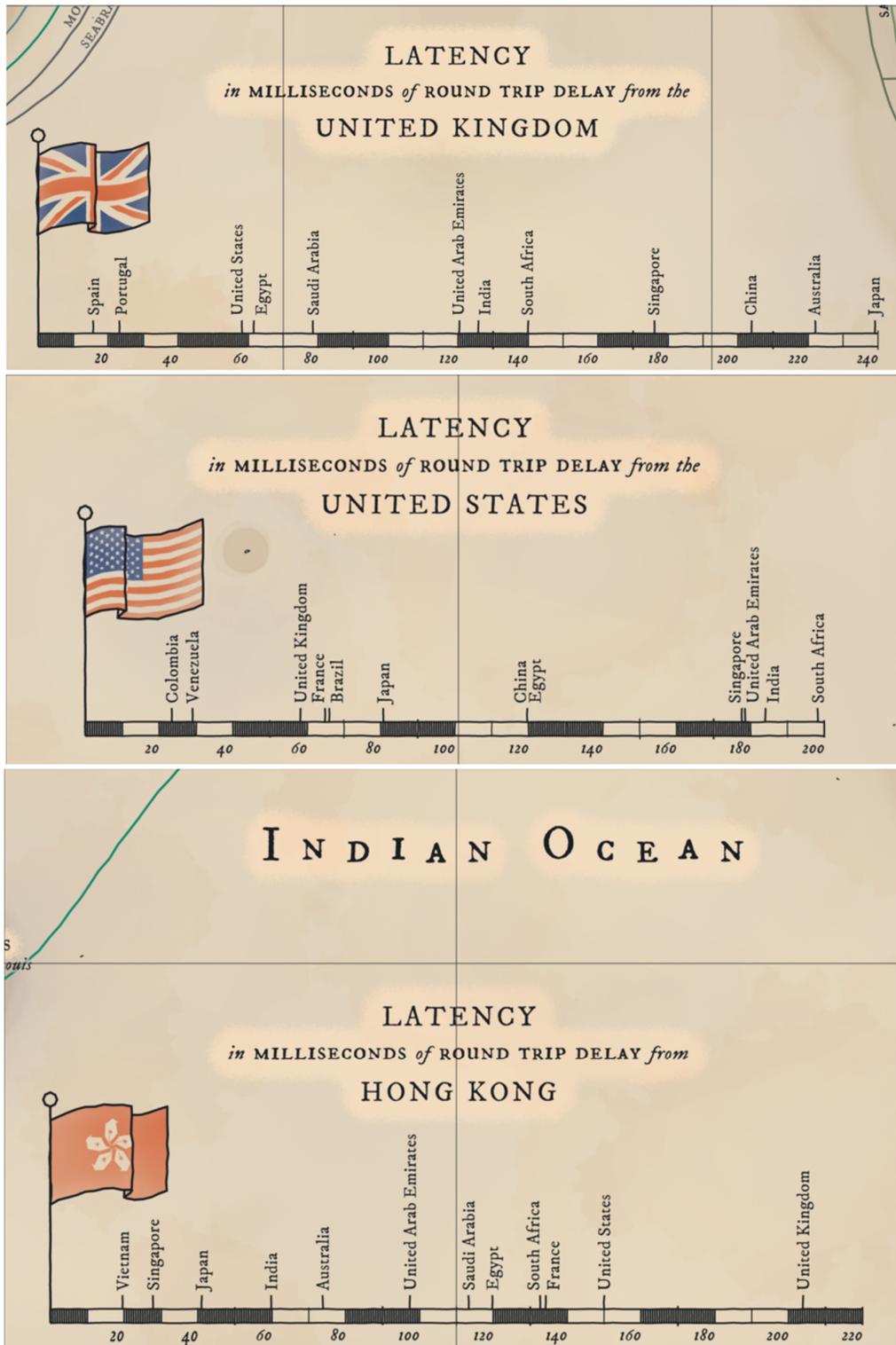
**Anexo 11:** Capacidades das fibras segundo as regiões

Fonte: Telegeography (2015)



**Anexo 12:** Capacidades das fibras segundo as regiões

Fonte: Telegeography (2015)



**Anexo 13:** Latências das fibras segundo as regiões

Fonte: Telegeography (2015)