



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada

Mestrado Acadêmico

Toni Ismael Wickert

Um Sistema para Sugestão e Otimização de Conteúdo
Aplicado ao Servidor Multimídia do SBTVD

São Leopoldo, 2012

TONI ISMAEL WICKERT

Um Sistema para Sugestão e Otimização de Conteúdo Aplicado ao Servidor Multimídia do SBTVD

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Arthur Tórgo Gómez

São Leopoldo

2012

Ficha catalográfica

W636s Wickert, Toni Ismael

Um sistema para sugestão e otimização de conteúdo aplicado ao servidor multimídia do SBTVD / por Toni Ismael Wickert. – 2012.

152 f. : il., 30cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Arthur Tórgo Gómez.

1. Sistema Brasileiro de Televisão Digital - SBTVD.
2. Interatividade. 3. Agentes de software. 4. Metaheurística.
5. Ontologias. 6. Busca tabu. I. Título.

CDU 004:654.1

Catálogo na Fonte:
Bibliotecária Vanessa Borges Nunes - CRB 10/1556

TONI ISMAEL WICKERT

Um Sistema para Sugestão e Otimização de Conteúdo Aplicado ao Servidor Multimídia do SBTVD

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Aprovado em 04 de Outubro de 2012

BANCA EXAMINADORA

Dr. Arthur Tórgo Gómez – Universidade do Vale dos Sinos - UNISINOS

Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky – Universidade do Vale dos Sinos - UNISINOS

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

RESUMO

A televisão analógica aberta atinge aproximadamente 97% dos lares brasileiros. Com o advento do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) os usuários terão a possibilidade de ter um canal de interatividade. Dessa forma, será possível ter acesso ao servidor de aplicações multimídia, ou seja, haverá a possibilidade de enviar ou receber e-mails, acessar aplicações interativas, assistir filmes ou notícias específicas. A Plataforma Digiconv tem como objetivo a geração de conteúdo digital para TV Digital, IPTV e dispositivos móveis. Esse trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema dividido em dois módulos, o módulo de sugestão de conteúdo tem como objetivo sugerir conteúdos ao usuário, de acordo com o seu perfil, através do uso de agentes de *software* e ontologias. Nesse módulo, foi desenvolvido um sistema para sugestão com filtragem baseada em conteúdo, dessa forma, o sistema encontra conteúdos semelhantes àqueles que o usuário escolheu no passado para lhe sugerir. Já o módulo de transmissão de conteúdo, tem como objetivo otimizar os parâmetros de transmissão, que é abordado como um problema de otimização combinatória conhecido como Problema de Seleção de Partes que é classificado como NP-Completo. Nesse módulo foram utilizados agentes de *software*, Busca Tabu, Algoritmo Genético e um Algoritmo Híbrido com o objetivo de encontrar a melhor política de transmissão dos parâmetros de vídeo (LD, P1, SD, P2 e HD) e dos parâmetros de áudio (áudio estéreo e áudio 5.1). A validação desse módulo foi feita, através da média harmônica da distribuição do *link* de internet disponível no servidor. O resultado desse trabalho é um sistema com dois módulos, um para sugestão de conteúdo e outro módulo que define a melhor política de transmissão do conteúdo.

Palavras chave: Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), interatividade, agentes de *software*, ontologias, metaheurísticas, Busca Tabu, Algoritmo Genético, Algoritmo Híbrido.

ABSTRACT

The open analogic television arrives on approximately 97% of Brazilian homes. With the advent of the Brazilian Digital Television System (SBTVD) users will be able to have an interactive channel. That way, users can access the multimedia applications server, to send or receive emails, access interactive applications, watch movies or specific news. The Digiconv Platform aims to generate digital content to Digital TV, IPTV and mobile devices. This work presents the development and implementation of an architecture divided into two modules, the content suggestion module aims to suggest content to the user, according to his profile, through the use of software agents and ontologies. In this module, a system was developed using content-based filtering, thus the system find similar content to suggest according to the content that the user liked in the past. The content transmission module aims to optimize the transmission parameters, which is addressed as a combinatorial optimization problem known as Part-Selection Problem that is classified as NP-Complete. In this module, were used software agents, Tabu Search, Genetic Algorithm and Hybrid Algorithm with the goal to find the best transmission policy of the video parameters (LD, P1, SD, HD and P2) and the audio parameters (stereo audio and 5.1 audio). The validation of this module is done through the harmonic mean of the distribution of the internet link available on the server. The result of this work is a system with two modules, one module suggest content and the other module defines the best content transmission policy.

Keywords: Brazilian Digital Television System (SBTVD), interactivity, software agents, ontologies, metaheuristics, Tabu Search, Genetic Algorithm, Hybrid Algorithm.

LISTA DE ABREVIATURAS

AG	<i>Algoritmo Genético</i>
BL	<i>Busca Local</i>
BT	<i>Busca Tabu</i>
DTD	<i>Document Type Definition</i>
FO	<i>Função Objetivo</i>
GPL	<i>General Public License</i>
HD	<i>High Definition</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPC	<i>Inter-Process Communication</i>
IPTV	<i>Internet Protocol Television</i>
ITU-T	<i>International Telecommunication Union Standardization</i>
LB	<i>Largura de Banda</i>
LD	<i>Low Definition</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
P1	<i>Taxa de Transmissão entre LD e SD</i>
P2	<i>Taxa de Transmissão entre SD e HD</i>
PCV	<i>Problema do Caixeiro Viajante</i>
QA	<i>Qualidade de Áudio</i>
QV	<i>Qualidade de Vídeo</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
SBTVD	<i>Sistema Brasileiro de Televisão Digital</i>
SD	<i>Standard Definition</i>
SMA	<i>Sistema Multiagente</i>
SQTV	<i>Semantic Query TV</i>
UIT	<i>União Internacional de Telecomunicações</i>
UNISINOS	<i>Universidade do Vale do Rio dos Sinos</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i>
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura da Plataforma de Convergência - Digiconv	18
Figura 2 – Padrões TV digital para difusão terrestre	22
Figura 3 - Diagrama de fluxo de informação.....	23
Figura 4 - Diagrama simplificado do canal de interatividade.....	25
Figura 5 – Sobreposição dos sistemas.....	26
Figura 6 – Módulo ADAP_IP - Projeto Digiconv.....	27
Figura 7 – Arquitetura Ginga para IPTV.....	29
Figura 8 – Pseudocódigo Sistema Recomendação da <i>Amazon</i>	33
Figura 9 – Exemplo de arquivo XML.....	35
Figura 10 – Estrutura do RDF representada por um grafo.....	36
Figura 11 – Exemplo de arquivo RDF.....	36
Figura 12 – Trecho de arquivo OWL.....	37
Figura 13 – Tripla RDF: sujeito, predicado e objeto.....	38
Figura 14 – Consulta SPARQL de nomes	39
Figura 15 – Exibindo o resultado da consulta SPARQL	39
Figura 16 – Visão de um Sistema Multiagente	41
Figura 17 – Exemplo de rota ligando cidades de São Paulo, sem repetição..	43
Figura 18 – Exemplo do Problema da Mochila	43
Figura 19 – Exemplo de Árvore de Cobertura Mínima.....	44
Figura 20 – Heurística descida da encosta presa no mínimo local.....	47
Figura 21 – BT com uso de lista tabu para encontrar o mínimo global.....	47
Figura 22 – Pseudocódigo clássico da Busca Tabu para minimização	50
Figura 23 – Operador de <i>crossover</i> do AG.....	52
Figura 24 – Operador de mutação do AG.....	53
Figura 25 – Código-Fonte clássico do Algoritmo Genético.....	54

Figura 26 – Estrutura da Ontologia do sistema AVATAR	57
Figura 27 – Arquitetura do sistema AVATAR.....	58
Figura 28 – Componentes do modelo metodológico proposto.....	60
Figura 29 – Arquitetura distribuída com uso de agentes de <i>software</i>	63
Figura 30 – Arquitetura proposta com uso de agentes de <i>software</i>	64
Figura 31 – Comunicação da Emissora com o Usuário	66
Figura 32 – Módulo Sugestão de Conteúdo e Transmissão de Conteúdo	68
Figura 33 – Exemplo de propriedade de objetos e propriedade de dados	70
Figura 34 – Tela de autenticação do sistema	74
Figura 35 – Consulta para autenticar o usuário.....	74
Figura 36 – Consulta gêneros preferidos do usuário	75
Figura 37 – Consulta filmes por gêneros	75
Figura 38 – Consulta filmes que usuário gostou.....	75
Figura 39 – Consulta gênero, atriz e ator do filme que o usuário gostou.....	76
Figura 40 – Consulta filmes semelhantes aos que o usuário gostou.....	76
Figura 41 – Usuário assistindo o filme	77
Figura 42 – Atualiza o perfil do usuário com filme assistido	77
Figura 43 – Atualiza perfil usuário com filme que ele gostou.....	78
Figura 44 – Arquitetura do Algoritmo Híbrido.....	82
Figura 45 – Tela de Sugestões do <i>Cinedica</i>	92
Figura 46 – Tela de Sugestões do <i>Jinni</i>	94
Figura 47 – Planejamento para experimentos e validação	97
Figura 48 – Métrica aplicada aos resultados – 15 clientes	101
Figura 49 – Desvio padrão das metaheurísticas – 15 clientes.....	102
Figura 50 – Experimento com restrições relaxadas – 15 clientes.....	103
Figura 51 – Gráfico comparativo FO x MH	104

Figura 52 – Comparação entre Funções Objetivo – 30 clientes	106
Figura 53 – Prioridade para transmissão LD	111
Figura 54 – Prioridade para transmissão P1.....	112
Figura 55 – Prioridade para transmissão SD	113
Figura 56 – Prioridade para transmissão P2.....	114
Figura 57 – Prioridade para transmissão HD.....	115
Figura 58 – Métrica aplicada aos resultados – 1000 clientes	116
Figura 59 – Desvio padrão das metaheurísticas – 1000 clientes.....	117
Figura 60 – Métrica aplicada nos resultados – 15000 clientes	119
Figura 61 – Desvio padrão das metaheurísticas – 15000 clientes.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Similaridade entre serviços	33
Tabela 2 – OntoServerMidia – Ontologia do servidor multimídia	70
Tabela 3 – OntoDataUsu – Ontologia do usuário	73
Tabela 4 – Representação do Cromossomo	79
Tabela 5 – Exemplo geração vizinhança	80
Tabela 6 – Lista de Usuários	88
Tabela 7 – Métrica aplicada às sugestões do sistema	89
Tabela 8 – Lista de Filmes.....	90
Tabela 9 – Usuário João.....	91
Tabela 10 – Lista de Sugestões para Usuário João	91
Tabela 11 – Usuário André	93
Tabela 12 – Lista de Sugestões para Usuário André	93
Tabela 13 – Tabela de usuários Maria e Paulo	95
Tabela 14 – Lista de sugestões para Maria e Paulo.....	95
Tabela 15 – Valor médio por variável	98
Tabela 16 – Pesos das variáveis	99
Tabela 17 – Tabela de filmes a serem transmitidos	99
Tabela 18 – Tabela com as taxas de transmissão por cliente	100
Tabela 19 – Média Harmônica de 100 execuções – 15 clientes.....	101
Tabela 20 – Operador de cruzamento e mutação	107
Tabela 21 – População Inicial e número de gerações	108
Tabela 22 – Lista Tabu e Tamanho da Vizinhança.....	108
Tabela 23 – Lista Tabu e Nbmax.....	109
Tabela 24 – Parâmetros do Algoritmo Híbrido.....	110
Tabela 25 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade LD	111

Tabela 26 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade P1.....	112
Tabela 27 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade SD.....	113
Tabela 28 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade P2.....	113
Tabela 29 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade HD.....	114
Tabela 30 – Média Harmônica de 100 execuções para 1000 clientes.....	116
Tabela 31 – Média Harmônica de 50 execuções para 15000 clientes.....	118

SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	16
1 Introdução	17
2 Visão Geral do SBTVD	21
2.1 TV Digital e SBTVD	21
2.2 Digiconv e Servidor de Aplicação Multimídia	24
2.3 IPTV	27
3 Revisão Bibliográfica.....	31
3.1 Sistemas de Recomendação	31
3.2 Ontologias.....	34
3.2.1 XML	35
3.2.2 RDF	35
3.2.3 OWL.....	37
3.2.4 Linguagem de Consultas Para Ontologias.....	38
3.3 Agentes e Sistemas Multiagentes.....	39
3.4 Otimização Combinatória.....	41
3.5 Metaheurísticas.....	44
3.5.1 Busca Tabu.....	46
3.5.1.1 Solução Inicial	48
3.5.1.2 Vizinhança	48
3.5.1.3 Lista Tabu.....	48
3.5.1.4 Critério de Aspiração	49
3.5.1.5 Política de Intensificação	49

3.5.1.6 Política de Diversificação.....	49
3.5.1.7 Critério de Parada.....	50
3.5.1.8 Pseudocódigo.....	50
3.5.2 Algoritmo Genético.....	51
3.5.2.1 População Inicial.....	51
3.5.2.2 Cromossomo.....	51
3.5.2.3 Função Objetivo.....	52
3.5.2.4 Processo de Seleção.....	52
3.5.2.5 Operadores de <i>Crossover</i>	52
3.5.2.6 Operadores de Mutação.....	53
3.5.2.7 Critério de Parada.....	54
3.5.2.8 Pseudocódigo.....	54
4 Trabalhos Relacionados.....	56
4.1 Sistemas de Recomendação e Ontologias.....	56
4.2 Metaheurísticas.....	61
4.3 Agentes de <i>Software</i>	62
5 Modelo Proposto.....	66
5.1 Visão geral da Arquitetura do Modelo.....	66
5.2 Detalhamento do Modelo por Módulo.....	69
5.2.1 Módulo Sugestão Conteúdo.....	69
5.2.1.1 Ontologia do Servidor de Aplicações Multimídia.....	69
5.2.1.2 Ontologia do Usuário.....	72
5.2.1.3 Agentes Autenticadores.....	73
5.2.1.4 Agentes Consultores.....	74
5.2.2 Módulo Transmissão Conteúdo.....	78

5.2.2.1 Agente Coordenador	78
5.2.2.2 Agente Otimizador – Algoritmo Genético.....	79
5.2.2.3 Agente Otimizador – Busca Tabu	80
5.2.2.4 Agente Otimizador – Algoritmo Híbrido	81
5.2.2.5 Formulação Matemática da Otimização	83
6 Validação e Experimentos	87
6.1 Módulo Sugestão Conteúdo.....	87
6.1.1 Validação Quantitativa	88
6.1.2 Avaliação Qualitativa	89
6.2 Experimentos e Validação do Módulo Transmissão Conteúdo.....	96
6.2.1 Normalização dos Pesos da Função Objetivo	98
6.2.2 Instância com 15 clientes.....	99
6.2.3 Instância com 30 clientes.....	105
6.2.4 Relação entre variáveis	111
6.2.5 Instância com 1000 clientes.....	115
6.2.6 Instância com 15 mil clientes.....	117
7 Conclusões	122
Referências Bibliográficas	126
APÊNDICES.....	134
APÊNDICE A – Valor médio por variável	135
APÊNDICE B – Média Harmônica de 100 execuções para 15 clientes	139
APÊNDICE C – Média Harmônica de 100 execuções para 1000 clientes	143
APÊNDICE D – Resultado completo para um problema com 1000 clientes	147

GLOSSÁRIO

Middleware é uma camada de *software* entre a rede e suas aplicações, permitindo serviços interativos na TV Digital.

Set-Top Box é um equipamento que promove a conectividade entre a TV e o acesso à rede baseada em protocolos de Internet.

MPEG-7 é um padrão de descrição de conteúdo multimídia. Foi desenvolvido para fornecer ferramentas padronizadas para descrever diferentes aspectos da multimídia em diferentes níveis de abstração, sua sintaxe é baseada em XML.

TV-Anytime é um conjunto de especificações para a liberação controlada de conteúdo multimídia para dispositivos pessoais de um usuário. Ele procura explorar a evolução da capacidade de armazenamento de informações digitais para fornecer aos consumidores uma experiência de TV altamente personalizada. Os usuários terão acesso ao conteúdo de uma ampla variedade de fontes, adaptados às suas necessidades e preferências pessoais.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, a televisão aberta é o mais importante meio de acesso à informação. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 59,4 milhões de lares tem televisão. Ou seja, a televisão aberta chega a atingir 96,9% dos lares brasileiros (IBGE, 2011).

Com o advento da televisão digital tem-se uma evolução em termos tecnológicos, por exemplo, o sinal que era recebido de forma analógica, agora é recebido de forma digital, o que melhora a qualidade da imagem evitando o aparecimento de chuviscos na tela e imagens com fantasmas, comumente encontrados em transmissões analógicas.

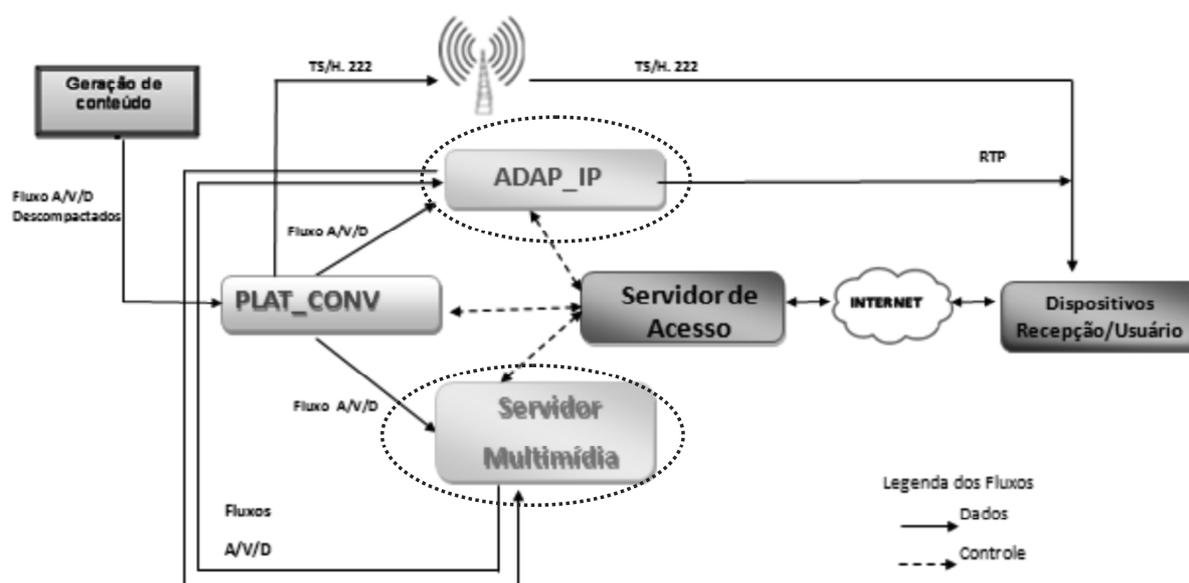
Além das melhorias em relação à qualidade de imagem e transmissão, o Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) contempla o canal de interatividade no qual é possível ter aplicações interativas. A emissora poderá ter um servidor com aplicações multimídia e o usuário poderá acessá-las, através do canal de interatividade. Nesse contexto, o canal de interatividade pode ser usado para transmissão de dados como e-mails, questionários interativos ou até mesmo conteúdos multimídia como aulas interativas à distância, apresentações onde o usuário pode interagir com o conteúdo, dentre outros (MANHÃES, *et al.*, 2005).

Uma das motivações para esse trabalho é que nos próximos anos haverá uma mudança na forma com que as pessoas assistem televisão. Atualmente, as emissoras apenas transmitem os programas e os telespectadores são praticamente obrigados a aceitar a programação dos canais de televisão aberta. Com o SBTVD e o acesso ao canal de interatividade, os telespectadores, que agora passam a ser chamados de usuários, têm a possibilidade de interagir com a emissora, opinar para melhorar os programas, além de poderem escolher conteúdos que desejam assistir de uma forma muito mais flexível.

O projeto Desenvolvimento de uma Plataforma para Geração de Conteúdo Digital (DIGICONV), financiado pelo FUNTTEL/FINEP, tem por objetivo desenvolver recursos e conteúdos voltados para TV Digital, IPTV e dispositivos móveis. Esse trabalho está inserido nesse projeto (GÓMEZ, *et al.*, 2011). A Figura 1 mostra o

Servidor Multimídia e o ADAP_IP circulado com pontilhados. Esse trabalho foi desenvolvido dentro do contexto desses dois módulos. Dessa forma, no Servidor Multimídia é executado o módulo de sugestão de conteúdo e no ADAP_IP as metaheurísticas definem a política de transmissão de acordo com o tipo de usuário conectado. Os demais módulos exibidos na Arquitetura da Plataforma de Convergência não serão abordados nesse trabalho.

Figura 1 – Arquitetura da Plataforma de Convergência - Digiconv



Fonte: Gómez *et al.* (2011)

O objetivo desse trabalho é desenvolver e implementar um módulo de sugestão de conteúdo multimídia e outro módulo para a otimização da transmissão de conteúdo multimídia. No módulo de sugestão de conteúdo foram utilizados agentes de *software* e ontologias para classificar o conteúdo e comparar com o perfil do usuário para lhe sugerir conteúdo adequado. Já no módulo de transmissão do conteúdo foram usados agentes de *software* que junto com a aplicação das metaheurísticas Busca Tabu, do Algoritmo Genético e do Algoritmo Híbrido definem a melhor política de transmissão, através da otimização dos parâmetros de transmissão, como por exemplo, a taxa de transmissão mais adequada, a qualidade na qual o áudio e o vídeo são transmitidos, dentre outros.

Os resultados obtidos, através do módulo de sugestão de conteúdo utilizando agentes de *software* e ontologias, além dos resultados obtidos pelas metaheurísticas

Algoritmo Genético, Busca Tabu e Algoritmo Híbrido serão apresentados no capítulo 6.

Este trabalho está dividido em oito capítulos. No segundo capítulo, é apresentada uma breve descrição da Arquitetura de Referência Genérica do SBTVD, além do Projeto Digiconv incluindo o Servidor de Aplicações Multimídia e o IPTV. No terceiro capítulo, é abordado o estado da arte das técnicas que serão usadas para desenvolver a arquitetura proposta. Nesse capítulo, é apresentado um estudo sobre ontologias, agentes de *software*, metaheurísticas Busca Tabu e Algoritmo Genético. No quarto capítulo, é apresentada uma descrição dos trabalhos relacionados. No quinto capítulo, é descrito o modelo proposto com uma visão geral da arquitetura e o detalhamento de cada módulo. No sexto capítulo, é descrita a validação e os experimentos da arquitetura proposta. No sétimo capítulo, são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros. O Apêndice A apresenta o valor médio por variável. O Apêndice B mostra a média harmônica de 100 execuções para 15 clientes. O Apêndice C mostra a média harmônica para 100 execuções para 1000 clientes. Já o Apêndice D apresenta o resultado completo para um problema com 1000 clientes.

2 Visão Geral do SBTVD

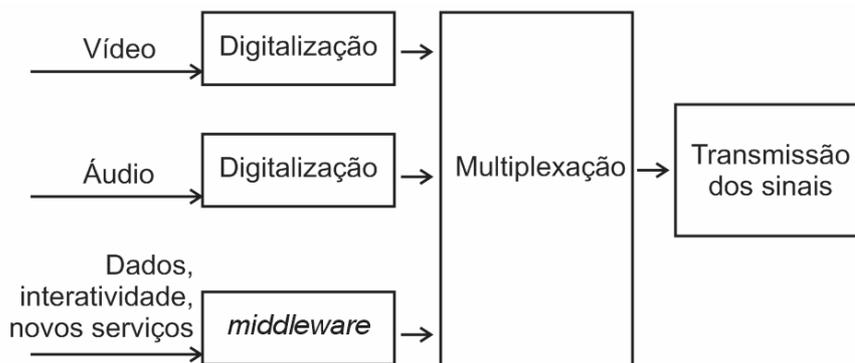
Este capítulo tem por objetivo apresentar uma visão geral sobre TV Digital, através da apresentação da arquitetura de referência genérica do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) e do servidor de aplicações multimídia, com o qual o usuário poderá se comunicar através do canal de interatividade.

2.1 TV Digital e SBTVD

A televisão digital é uma evolução da televisão analógica. No caso da televisão analógica, todas as etapas envolvidas na produção de um programa (gravação de cenas, edição e armazenamento de vídeo), na transmissão (geração do vídeo composto, modulação, amplificação, radiodifusão) e na recepção (captação de sinal pela antena, demodulação pelo receptor e apresentação de imagem e áudio) são analógicas (CARVALHO, 2006).

Um sistema de TV Digital é formado por um conjunto de padrões, conforme apresentado na Figura 2, que identifica seus componentes básicos: o vídeo e o áudio representam os serviços indispensáveis à transmissão de TV Digital; e a interatividade e os novos serviços (dados, comércio eletrônico, acesso à Internet, etc.), que são adicionados ao sistema pelo *middleware*. Esses novos serviços, introduzidos pela televisão digital, são oriundos da transmissão de dados juntamente com o vídeo e o áudio. Eles podem ser empregados para oferecer novos conceitos na transmissão de programas para os usuários, ou mesmo enviar dados para aplicações que não possuem ligação direta com a programação televisiva (CRINON, *et al.*, 2006).

Figura 2 – Padrões TV digital para difusão terrestre



Fonte: Graciosa (2003)

Na televisão digital, os telespectadores passam a ser denominados de usuários, pois eles não mais participam passivamente ao interagir com as emissoras e com as empresas/provedoras de serviços (MANHÃES, *et al.*, 2005), (VALDESTILHAS, CARVALHO e ALENCAR, 2005).

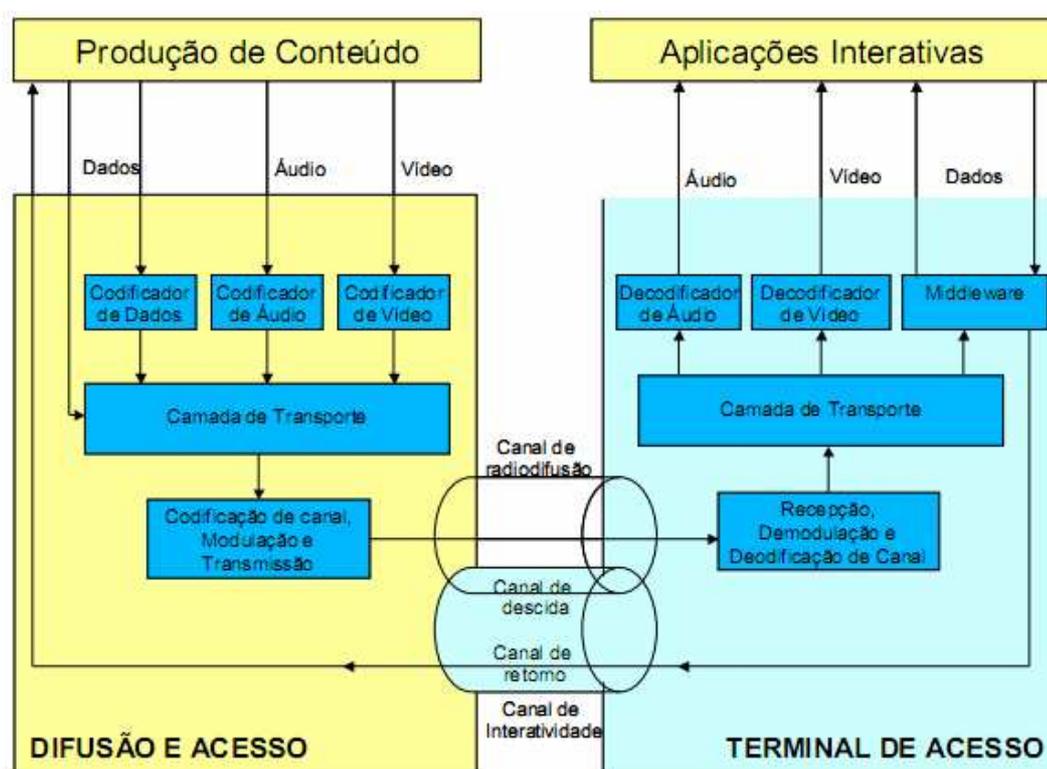
Para uma análise das tecnologias envolvidas na televisão digital e no SBTVD, foi criada uma arquitetura genérica onde é possível visualizar cada módulo do sistema. A arquitetura baseou-se na referência da UIT (União Internacional de Telecomunicações) sendo que houve o acréscimo do canal de interatividade, além disso, representou-se de forma única as funções de multiplexação e transporte, agrupadas na camada de transporte. Também foram agrupadas em um único módulo a codificação de canal, modulação e transmissão (CPqD, 2006).

A Figura 3 apresenta a Arquitetura de Referência para sistemas de Televisão Digital Terrestre. É possível visualizar, na Figura 3, a representação do fluxo de informação. Além disso, pode-se observar que há uma plataforma de comunicação entre uma fonte de conteúdo, representada no diagrama pela Produção de Conteúdo, e os usuários finais, que fazem uso das Aplicações Interativas. As duas entidades complementares estão divididas em Difusão e Acesso e o Terminal de Acesso (CPqD, 2005).

A Difusão e Acesso são constituídas pelos módulos necessários à codificação e ao empacotamento das informações a serem transmitidas para os receptores

digitais. Para que os sinais de áudio, vídeo e dados, originados na Produção de Conteúdo, possam ser transmitidos pela plataforma de Televisão Digital Terrestre, estes precisam ser adequadamente codificados, o que inclui a sua compactação e a inserção de informações pelos Codificadores de Áudio, de Vídeo e de Dados, respectivamente, que permitam posteriormente a sua recuperação, conforme observado na Figura 3. Uma vez codificados, os sinais são processados pela Camada de Transporte, que os empacota e reúne em um único sinal de transporte, ou feixe de transporte (*Transport Stream - TS*), acrescentando-lhes informações auxiliares de controle. Na etapa seguinte, o sinal gerado na Camada de Transporte passa por um processamento adicional no módulo de Codificação de Canal, Modulação e Transmissão, por onde é transmitido (CPqD, 2006).

Figura 3 - Diagrama de fluxo de informação



Fonte: CPqD (2006)

A arquitetura do Terminal de Acesso é composta pelos módulos necessários para efetuar o processamento reverso ao da Difusão e Acesso, reconstituindo as informações originais de áudio, vídeo e dados. O sinal recebido pelo Terminal de Acesso, através de antenas receptoras, no módulo de Recepção, Demodulação e Decodificação de Canal, passa por um processo de demodulação e de

decodificação de canal, de onde resulta o sinal de transporte que será enviado à etapa de demultiplexação, no módulo da Camada de Transporte. A Camada de Transporte separa os sinais codificados de Áudio, Vídeo e Dados, que são então submetidos aos Decodificadores de Áudio, de Vídeo e ao *Middleware*, respectivamente. Os Decodificadores de Áudio e Vídeo reconstituem os sinais originais, para que possam ser corretamente exibidos. O *Middleware*, por outro lado, além de decodificar os dados recebidos, é responsável por tratar as instruções, funcionando como uma plataforma de execução de *software*. Como resultado final, temos as Aplicações Interativas sendo utilizadas pelos usuários (CPqD, 2006).

2.2 Digiconv e Servidor de Aplicação Multimídia

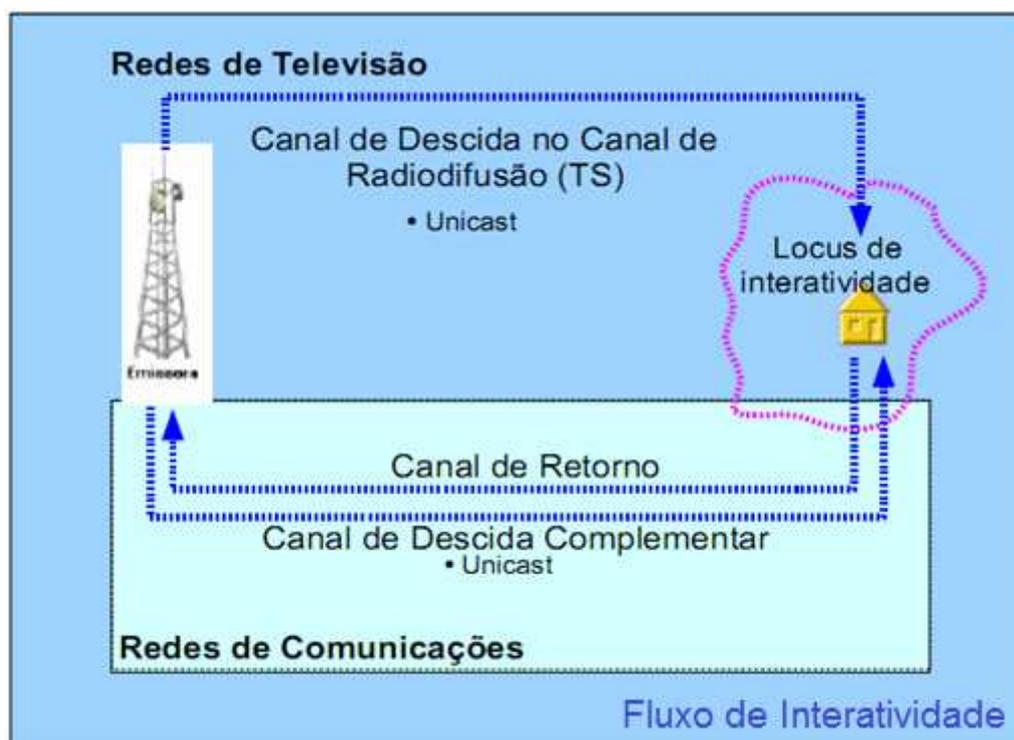
O projeto Desenvolvimento de uma Plataforma para Geração de Conteúdo Digital (DIGICONV) tem por objetivo desenvolver recursos e conhecimento voltados, principalmente, para o atendimento de oportunidades do mercado nacional, no que diz respeito ao emprego de Televisão Digital, IPTV e dispositivos móveis. Para o desenvolvimento deste projeto, são utilizados documentos que definem os padrões de operação do SBTVD, tais como: as normas brasileiras (ABNT) de transmissão, codificação, receptores, *middleware* e interatividade. (GÓMEZ, *et al.*, 2011). Dentro do contexto do Projeto Digiconv, esse trabalho estará focado no servidor de aplicações multimídia, conforme já foi mostrado na Figura 1.

O canal de interatividade tem como objetivo viabilizar a comunicação entre o terminal de acesso (usuários) e os servidores de aplicação multimídia da produção de conteúdo do lado da difusão e acesso (emissora). Através do canal de interatividade o usuário pode interagir com a emissora ou as aplicações interativas, enviando e recebendo informações.

A Figura 4 ilustra a comunicação entre emissora e usuário e também no sentido usuário-emissora, através da interconexão de redes de televisão com as redes de comunicação. É possível observar que a comunicação entre a emissora e o usuário é realizada através de *Unicast*, ou seja, a informação é enviada

individualmente da emissora até o usuário. O mesmo processo ocorre no canal de retorno onde a informação é enviada exclusivamente do usuário até a emissora.

Figura 4 - Diagrama simplificado do canal de interatividade



Fonte: Adaptado de CPqD (2006)

A arquitetura básica do canal de interatividade é composta dos seguintes blocos (ALENCAR, 2007):

Canal de Retorno: é utilizado para enviar informações ou respostas dos usuários para as emissoras ou programas. Pode ser representado por qualquer uma das redes de comunicação disponíveis ou que venham a surgir, contudo, normalmente essa comunicação se dá através da internet (*WiMax, ADSL, 3G, etc.*);

Canal de Descida: é utilizado para enviar informações da emissora ou programa para os usuários. O canal de descida está no fluxo de transporte (*Transport Stream – TS*) que é de acesso gratuito, ou seja, as informações de interatividade são colocadas juntas com o sinal de áudio e vídeo e transmitidas aos usuários. Alternativamente existe o canal de descida complementar. Isso é possível através do estabelecimento de uma conexão diretamente entre o usuário e a emissora, onde esse serviço depende de conexão de internet;

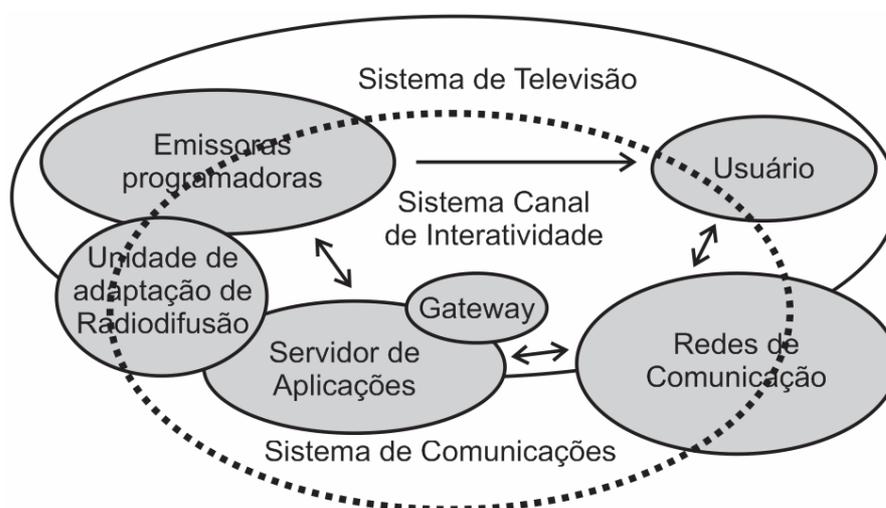
Gateway: tem como objetivo interligar as redes de comunicação da emissora. Em suma, pode ser visto como um servidor de acesso para informações ou solicitações de usuários através de diferentes canais de retorno. Essas informações ou solicitações devem ser adequadamente processadas, adaptadas e encaminhadas para o destino final. No *gateway* também são implementadas medidas de segurança da rede;

Servidor de Aplicações: tem como função processar e interpretar as solicitações dos usuários, dependendo da demanda do usuário pode ser necessário fazer consultas em bancos de dados, gerar respostas individualizadas, gerar conteúdos de programas ou aplicações, armazenar informações em bases de dados, etc;

Unidade de adaptação de Radiodifusão: tem como função adaptar as informações de resposta ou demandas a serem transmitidas através do feixe de transporte;

A Figura 5 mostra, na área pontilhada, a abrangência do canal de interatividade que vai desde o sistema de televisão até o sistema de comunicação. Também é possível visualizar a interação entre emissoras/programas, servidor de aplicações multimídia, redes de comunicação, usuário e unidade de adaptação de radiodifusão.

Figura 5 – Sobreposição dos sistemas

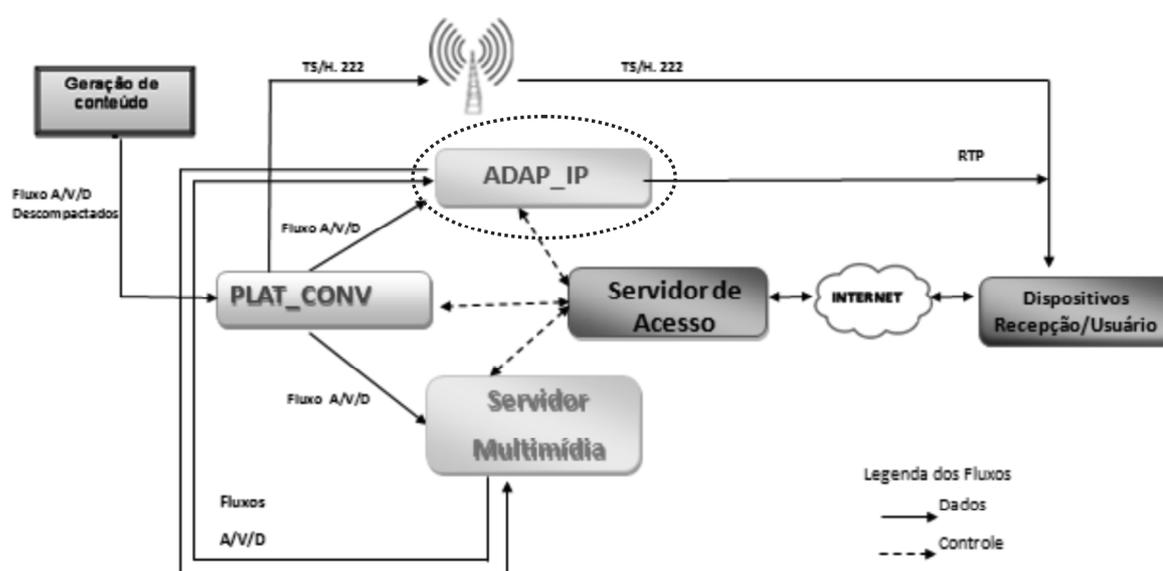


Fonte: CPqD (2006)

2.3 IPTV

Na arquitetura do Projeto Digiconv, o IPTV está inserido no módulo ADAP_IP. A Figura 6 mostra o módulo ADAP_IP e as setas indicam o fluxo de comunicação com o Servidor de Aplicação Multimídia, sendo que, ocorre a transmissão de vídeo, áudio e dados.

Figura 6 – Módulo ADAP_IP - Projeto Digiconv



Fonte: Gómez *et al.* (2011)

De acordo com *IPTV Global Forecast*, os assinantes globais de IPTV (*Internet Protocol Television*) irão crescer de 28 milhões em 2009 para 83 milhões em 2013, uma taxa de crescimento de mais de 31% ao ano (INTERNATIONAL, 2009). Após um início lento, o IPTV está começando a ganhar um número maior de adeptos, sendo que a Coreia do Sul é um dos mercados com o maior número de assinantes. Dentre o sucesso do IPTV na Coreia do Sul pode-se destacar uma infraestrutura de banda larga de boa velocidade, diversidade de serviços e alta disponibilidade, requisitos importantes para um bom funcionamento do IPTV (JANG e NOH, 2011).

IPTV é um serviço de televisão digital disponível para assinantes que poderão receber a transmissão através de uma conexão de Internet. Portanto, as condições necessárias para a disseminação do IPTV é ter uma conexão banda larga de boa qualidade e a disponibilidade de uma infraestrutura que possa disponibilizar

conteúdos diversificados. O IPTV pode fazer uso de um *Set-Top Box* para acesso ao serviço, através de um aparelho de televisão clássico.

O termo IPTV, geralmente inclui, não só uma ampla série de programas ou canais de TV fornecida por uma ou várias prestadoras de serviços, mas também alguma programação especializada, como *shows*, filmes e eventos que podem ser solicitados e assistidos por apenas alguns usuários que se interessarem pelo conteúdo oferecido. Essa combinação de acesso de banda larga a conteúdos que o usuário considera interessante, sendo que ele pode escolher o que e quando deseja, aponta para um mercado em rápido desenvolvimento (JANG e NOH, 2011).

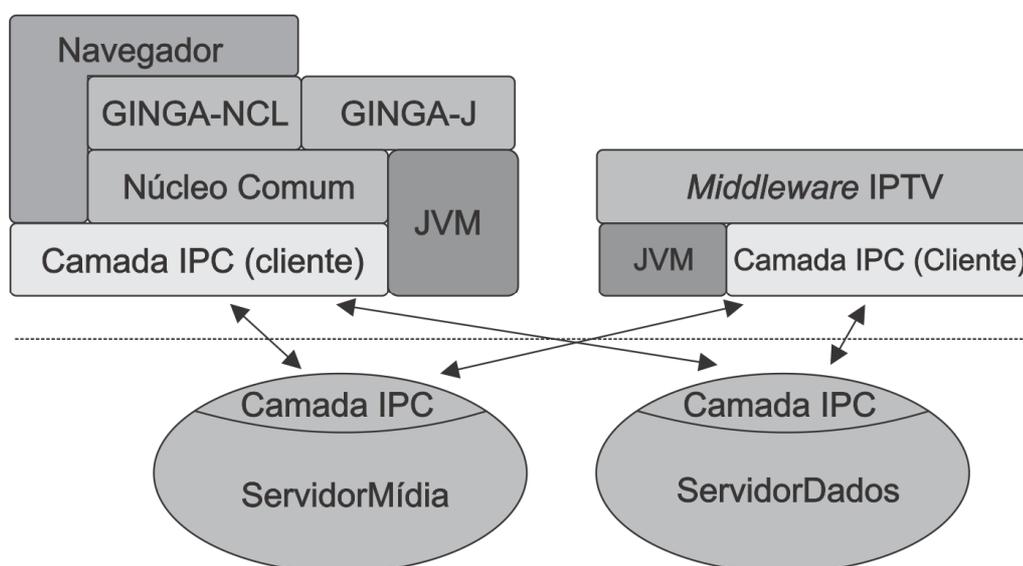
O IPTV é diferente da transmissão de TV via Internet. O IPTV consiste na entrega de TV usando IP (*Internet Protocol*) sobre uma rede privada que seja capaz de garantir a qualidade de serviço necessária à entrega do vídeo. Já na TV via Internet, além do conteúdo ser assistido principalmente no computador, pode-se montar uma programação para ser enviada por *download*. Entretanto, se o sistema escolhido for *streaming*, não há garantia de qualidade, podendo haver pausas ou interrupções no envio do conteúdo por se tratar da rede pública. Como exemplos de TV via Internet pode ser citados sites como *youtube*, *vimeo*, *netflix*, dentre outros.

No Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre (SBTVD), para ser possível assistir uma transmissão IPTV em uma televisão, é necessário utilizar o *middleware* Ginga. O Ginga é um *middleware* de especificação aberta, adotado pelo SBTVD e que será instalado em conversores (*set-top boxes*) e em televisores, fato esse que já acontece atualmente. O Ginga é uma camada de *software* intermediária, entre o sistema operacional e as aplicações e possui duas funções principais, uma é oferecer um melhor suporte ao desenvolvimento de aplicações e a outra é tornar as aplicações independentes do sistema operacional e da plataforma de *hardware* utilizados.

No artigo de Ribeiro, Lourenço e Bitar (2009), é sugerida uma arquitetura que aproveite o código do Ginga para exibição de conteúdo através do IPTV. A Figura 7 mostra a arquitetura proposta, o código do Ginga terá o Núcleo Comum modificado com as chamadas da camada de comunicação de processos (IPC) do Servidor de Mídia e do Servidor de Dados. Esta arquitetura permite que o código do Ginga seja mantido sobre a licença GPL (*General Public License*). O *Middleware* IPTV, por se

tratar de um sistema isolado, não é afetado pela licença GPL, assim como os módulos Servidor de Mídia e Servidor de Dados.

Figura 7 – Arquitetura Ginga para IPTV



Fonte: Ribeiro, Lourenço e Bitar (2009)

O Servidor de Mídia é responsável por reproduzir mídias de vídeo, áudio e legenda, assim como configurar as variáveis relativas aos mesmos como o volume, brilho, contraste, aspecto de vídeo, etc. O Navegador, o *middleware* Ginga ou o IPTV devem se comunicar com este servidor para requisitar a reprodução de mídias de vídeo/áudio. O Servidor de Dados se comunica com o Servidor de Metadados para manter a base de dados local sempre atualizada e envia eventos às camadas superiores quando necessário. Dentro do Servidor de Dados é implementado o protocolo do Carrossel de Objetos que permite ao *middleware* receber os aplicativos para execução. O Servidor de Dados também é responsável por garantir a persistência dos dados (RIBEIRO, LOURENÇO e BITAR, 2009).

3 Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica das diferentes tecnologias e técnicas relacionadas a esse trabalho. Dentre as tecnologias que serão descritas, pode ser citado, sistemas de recomendação, ontologias que serão usadas para descrever o conhecimento em relação aos usuários e para a classificação do conteúdo multimídia disponível no servidor de aplicações, agentes de *software* que serão os responsáveis em gerenciar as várias partes do sistema, e por fim, serão apresentadas algumas metaheurísticas que foram usadas para resolver os problemas de otimização combinatória relacionados à transmissão de conteúdo.

3.1 Sistemas de Recomendação

Os sistemas de recomendação surgiram com o objetivo de auxiliar os usuários no processo de busca na Web, indicando informações para o usuário com base no seu perfil (BARCELLOS et al. 2007). Um sistema de recomendação reúne técnicas para selecionar dados com base no perfil dos usuários. Tais dados podem ser variados como filmes, músicas, notícias anúncios, *links* patrocinados, dentre outros. Empresas como *Amazon*, *Netflix* e *Google* são reconhecidas pelo uso intensivo de sistemas de recomendação.

Basicamente, existem três técnicas que são usadas para filtragem de informações em um sistema de recomendação: filtragem baseada em conteúdo, filtragem colaborativa e filtragem híbrida.

A filtragem baseada em conteúdo recomenda itens semelhantes com os que o usuário demonstrou interesse no passado (BARCELLOS et al. 2007). Dessa forma, o sistema analisa o perfil do usuário para ver os objetos que ele classificou positivamente e, posteriormente, encontrar itens semelhantes na base de dados para recomendar para ele (DRUMOND, LINDOSO, GIRARDI, 2006).

A ideia da filtragem colaborativa é a troca de experiências entre usuários com gostos ou interesses parecidos. Nessa técnica a recomendação de um item para um determinado usuário ocorre com base no que outros usuários com interesses ou preferências semelhantes tenham gostado (BARCELLOS et al. 2007).

Já na abordagem híbrida, são usadas técnicas tanto da filtragem baseada em conteúdo quanto da filtragem colaborativa. Essa abordagem é constituída de vantagens proporcionadas pela filtragem baseada em conteúdo e pela filtragem colaborativa, unindo o melhor das duas técnicas e eliminando as fraquezas de cada uma (CAZELLA, et al. 2008).

Em ambos os casos é necessário encontrar similaridades. No caso da filtragem por conteúdo é necessário encontrar itens semelhantes àqueles já avaliados positivamente pelo usuário para lhe recomendar. Já na filtragem colaborativa é necessário encontrar usuários semelhantes para encontrar itens para sugerir entre os usuários.

Na abordagem de Cazella et al. (2008), onde foi implementado um sistema de recomendação baseada em conteúdo, a similaridade entre os usuários foi calculada usando o coeficiente de Pearson, conforme mostra a equação (1):

$$corr_{ab} = \frac{\sum_i (r_{ai} - \bar{r}_a) (r_{bi} - \bar{r}_b)}{\sqrt{\sum_i (r_{ai} - \bar{r}_a)^2 \sum_i (r_{bi} - \bar{r}_b)^2}}, \quad (1)$$

onde:

$corr_{ab}$: é a correlação do usuário alvo a com um determinado usuário b ;

r_{ai} : é a avaliação que o usuário alvo a deu para o item i ;

r_{bi} : é a avaliação que o candidato a usuário similar de a deu para o item i ;

\bar{r}_a : é a média de todas as avaliações do usuário alvo a , em comum com o usuário b ;

\bar{r}_b : é a média de todas as avaliações do usuário alvo b , em comum com o usuário a ;

No trabalho de Ge et al. (2008), os autores mostram o uso da similaridade de *Jaccard* para calcular semelhança entre duas classes de uma ontologia com as mesmas instâncias. A equação (2) mostra a fórmula da similaridade de *Jaccard*.

$$sim_{Jacc}(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|} \quad (2)$$

No caso da Tabela 1 $sim_{Jacc}(A, D) = 1/3$, e $sim_{Jacc}(A, E) = 1/11$. Ou seja, a similaridade entre o serviço A e D é maior do que entre A e E.

Tabela 1 – Similaridade entre serviços

Serviço	Elementos do Serviço
A	T1, T2
B	T3, T4
C	S1, S2
D	T1, N1
E	T2, T3, ..., T10, N2

O site de vendas *Amazon* apresenta uma abordagem colaborativa item-a-item. Nessa abordagem, ao invés de tentar encontrar clientes similares, o sistema coleta todas as compras do usuário e suas avaliações. A partir disso, são procurados itens similares na base de dados e montados em uma lista de recomendação (LINDEN, SMITH E YORK, 2003). A Figura 8 mostra o algoritmo usado para calcular a similaridade entre um produto e todos produtos relacionados:

Figura 8 – Pseudocódigo Sistema Recomendação da *Amazon*

```

Para cada item no catálogo de produto,  $I_1$ 
  Para cada cliente  $C$  que comprou  $I_1$ 
    Para cada item  $I_2$  comprado pelo cliente  $C$ 
      Registra que o cliente comprou  $I_1$  e  $I_2$ 
  Para cada item  $I_2$ 
    Calcular a similaridade entre  $I_1$  e  $I_2$ 

```

Fonte: Linden, Smith e York (2003)

O site de vídeos *youtube* usa uma técnica de contagem de vídeos co-assistidos. Considerando uma sessão de 24h de atividades de um dado usuário no site são contados, para cada par de vídeos (v_i, v_j) , quantas vezes os vídeos foram co-assistidos em uma sessão (DAVIDSON, 2010). O cálculo é feito através da equação (3):

$$r(v_i, v_j) = \frac{c_{ij}}{f(v_i, v_j)}, \quad (3)$$

onde:

c_{ij} é o total de ocorrências onde os usuários assistiram ao vídeo v_i e v_j ;

$f(v_i, v_j)$ é uma função normalizada que leva em consideração a “popularidade global” dos vídeos v_i e v_j , normalmente calculada como: $f(v_i, v_j) = c_i * c_j$

c_i é o total de ocorrências onde os usuários assistiram ao vídeo i .

c_j é o total de ocorrências onde os usuários assistiram ao vídeo j .

3.2 Ontologias

O termo ontologia provém do grego *ontos* e *logos*, que significa "conhecimento do ser" e foi introduzido no século XIX pelos filósofos alemães para distinguir o estudo do ser do estudo das diversas espécies de seres vivos. Segundo o aristotelismo, ontologia é a parte da filosofia que tem por objeto o estudo das propriedades mais gerais do ser, apartadas da infinidade de determinações que, ao qualificá-lo particularmente, ocultam sua natureza plena e integral (GALINDO, 2007).

No ponto de vista computacional, o termo ontologia é a descrição do conhecimento, seguindo alguns princípios básicos como identificação das classes do domínio, da hierarquia de classes, das propriedades e de seus relacionamentos, de forma que reflitam uma realidade. As instâncias são os indivíduos e a configuração de instâncias corresponde a um conhecimento factual, respeitando os conceitos gerais expressos na ontologia (VIEIRA, *et al.*, 2005).

Vale destacar que as ontologias estão inseridas dentro do contexto da *Web* semântica, que tem como principal objetivo representar o conhecimento de uma forma que seja possível desenvolver tecnologias e linguagens, tornando esse conhecimento legível e compreensível para as máquinas. Para isso ser possível, há

o emprego de algumas tecnologias como, por exemplo, XML, RDF e OWL, sendo que a OWL é a linguagem recomendada pela W3C para a criação de ontologias.

3.2.1 XML

Extensible Markup Language (XML) é uma linguagem de marcação para descrever dados. O XML foi criado para descrever dados enquanto que o HTML foi feito para apresentar dados. Em arquivos XML o usuário define suas próprias *tags*, enquanto que o HTML tem um conjunto de *tags* predefinidas. XML é uma recomendação da W3C desde 10 de Fevereiro de 1998 (XML, 2008).

Documentos XML são auto descritivos, isto é, foram criados para que sejam compreendidos simplesmente olhando para o documento. XML usa DTD ou *XML Schema* para descrever os dados. A Figura 9 mostra um arquivo XML que possui na primeira linha especificada a codificação ISO-8859-1. Na segunda linha é iniciada a *tag* `<mensagem>` sendo que ela é fechada no final do arquivo XML através da *tag* `</mensagem>`. As demais *tags* indicam para quem vai a mensagem, quem está enviando, o assunto e o corpo da mensagem.

Figura 9 – Exemplo de arquivo XML

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<mensagem>
  <para>Jana</para>
  <de>Toni</de>
  <assunto>Lembrete</assunto>
  <corpo>Não esqueça os livros!</corpo>
</mensagem>
```

Fonte: Elaborada pelo autor

3.2.2 RDF

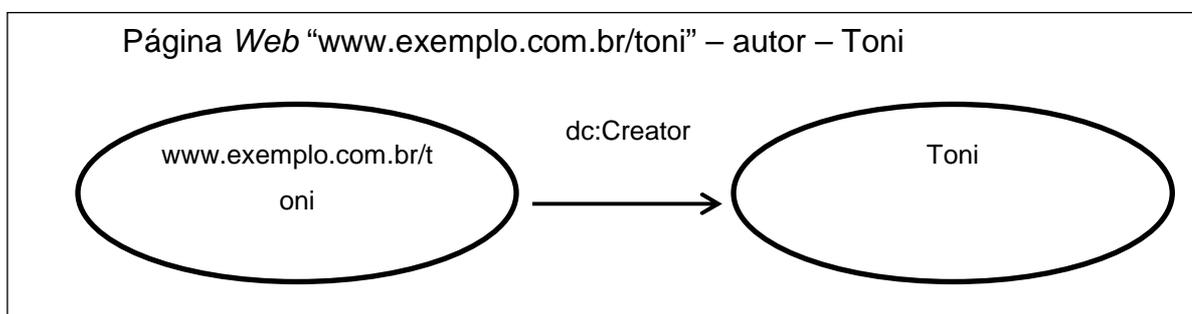
Resource Description Framework (RDF) é uma linguagem para descrever recursos da *Web*, como por exemplo, título, autor, data da modificação, direitos

autorais de uma página Web. RDF permite especificar o que são recursos, o que são relacionamentos e quais são os relacionamentos entre os recursos em um determinado domínio (RDF, 2004). Abaixo alguns conceitos que foram definidos:

- *Recurso* é qualquer coisa que possa ter uma URI (identificador *Web*), como “<http://www.w3.org/RDF/>”;
- *Propriedade* indica uma informação sobre um recurso, como “autor”, “data da publicação”, etc.;
- *Valor* é o valor da propriedade como “Toni” para a propriedade autor e “08/07/2011” para data da publicação.

A forma que o RDF descreve um recurso segue a estrutura *recurso – propriedade – valor*. Essa estrutura é análoga a tripla *sujeito – predicado – objeto*. A Figura 10 mostra um exemplo de tripla RDF com sujeito, predicado e objeto:

Figura 10 – Estrutura do RDF representada por um grafo



Fonte: Elaborada pelo autor

O código resultante do grafo RDF é mostrado na Figura 11 onde a primeira linha indica que é um arquivo XML, na segunda e terceira linha são definidos os espaços de nomes possíveis. A tag *rdf:Description* faz a ligação entre o sujeito, predicado e objeto conforme já foi mostrada na figura Figura 10.

Figura 11 – Exemplo de arquivo RDF

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.exemplo.com.br/toni">
    <dc:Creator>Toni</dc:Creator>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Fonte: Elaborada pelo autor

3.2.3 OWL

A *Web Ontology Language* (OWL) é uma linguagem projetada para ser usada por aplicações que precisam processar o conteúdo de informação, em vez de apenas apresentar informações para os seres humanos. Com a OWL a interpretação de conteúdos *Web* por máquinas é mais fácil do que se tivessem sido descritas por XML ou RDF, pois fornece um vocabulário adicional juntamente com uma semântica formal (OWL, 2004). A OWL possui três sublinguagens: *OWL Lite*, *OWL DL* e *OWL Full* (PINTO, 2009).

- *OWL Lite*: representa uma linguagem muito simples. Portanto, *OWL Lite* é recomendada para a definição de hierarquias simples e/ou restrições;
- *OWL-DL*: é mais expressiva que a *OWL Lite* e permite a verificação de satisfatibilidade de conceitos, classificação de hierarquias e inferência de tipos, pois a mesma corresponde a uma implementação da Lógica de Descrição;
- *OWL FULL*: representa a linguagem OWL mais expressiva. Esta linguagem deve ser utilizada quando a expressividade do conhecimento for mais importante que a garantia de computabilidade.

A Figura 12 mostra um trecho de código OWL de uma ontologia sobre *pizzas* desenvolvida por (HORRIDGE, 2011). No exemplo, é descrito uma classe de cobertura de *pizza* (cobertura de tomate), e sua propriedade *temTempero*, descrita como propriedade funcional e com a restrição sobre o valor de *temTempero* como pertencendo à classe de *temperos suaves*. OWL será o formato usado para salvar as ontologias desse trabalho através do *Software Protégé* (PROTEGE, 2011). Portanto, o entendimento de sua estrutura de arquivos é de grande importância para o desenvolvimento do projeto.

Figura 12 – Trecho de arquivo OWL

```
<owl:Ontology>  
<owl:Class rdf:ID="CoberturaDeTomate">
```

```

<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty>
      <owl:FunctionalProperty rdf:ID="temTempero" />
    </owl:onProperty>
    <owl:someValuesFrom>
      <owl:Class rdf:ID="Suave" />
    </owl:someValuesFrom>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
...

```

Fonte: Adaptado de Horridge (2006)

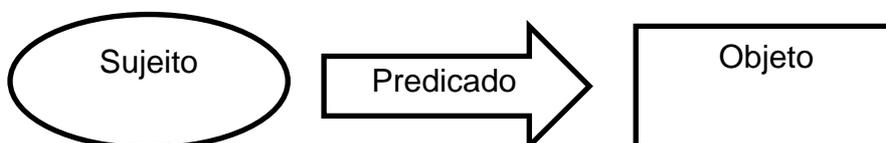
A OWL surgiu da necessidade de melhorar as buscas na *Web*. Hoje, por exemplo, é difícil fazer uma pesquisa com termos como “São Paulo” onde o motor de buscas não sabe se você está se referindo a cidade de São Paulo, ao santo São Paulo ou ao time de futebol São Paulo. Atualmente, as ontologias estão sendo usadas em diversas áreas, como o Projeto OBAA-Milos (VICARI, *et al.*, 2010), (GLUZ e VICARI, 2010) que usa ontologias para representar os metadados de objetos de aprendizagem.

3.2.4 Linguagem de Consultas Para Ontologias

SPARQL é uma linguagem para realizar consultas em ontologias RDF e OWL. Através da linguagem SPARQL é possível extrair informações sobre valores de atributos, extrair subgrafos RDF e construir novos grafos RDF baseados nos resultados de consultas. Um grafo RDF é um conjunto de triplas. Cada tripla consiste de sujeito, predicado e objeto. Sujeitos são recursos ou “coisas” das quais se deseja tratar (PINTO, 2009).

Consultas SPARQL usam o modelo de ontologia baseado em triplas sujeito, predicado e objeto (*?s ?p ?o*) conforme a Figura 13. A linguagem SPARQL é uma recomendação da W3C desde 2008 (SPARQL, 2008).

Figura 13 – Tripla RDF: sujeito, predicado e objeto



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 14 mostra uma consulta SPARQL executada sobre a base de dados da *dbpedia.org* que tem como objetivo estruturar todas as informações da *Wikipedia* através de ontologias. No exemplo, são procurados todos os sujeitos (*?person*) e objetos (*?name*) que tenham no predicado a propriedade *foaf:name* declarada. Na primeira linha o predicado é apelidado de *foaf*, na segunda linha é definida a variável *?name* que irá armazenar o resultado da consulta, a cláusula *where* restringe a consulta e, por final, há uma limitação na consulta de cinco registros.

Figura 14 – Consulta SPARQL de nomes

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?name
WHERE {
    ?person foaf:name ?name .
} limit 5
```

Fonte: SPARQL (2008)

O resultado da consulta é mostrado na Figura 15. Pode-se observar que existe uma coluna com o título *name* e que foram retornados cinco registros contendo o nome e o idioma das pessoas encontradas no banco de dados:

Figura 15 – Exibindo o resultado da consulta SPARQL

name
"Bonython Hall"@en
"Zemfira"@en
"Zemfira Talgatovna Ramazanova"@en
"Myles Keogh"@en
"Myles Walter Keogh"@en

Fonte: DBPEDIA (2011)

3.3 Agentes e Sistemas Multiagentes

Existem vários conceitos e nomenclaturas sobre agentes, alguns autores chamam de agentes de *software*, outros agentes inteligentes e outros agentes autônomos, já outros simplesmente de agentes. Segundo Gilbert (1997), um agente inteligente é um *software* que dá assistência às pessoas e age em seu interesse. Agentes inteligentes permitem que pessoas deleguem para os agentes de *software*, trabalhos que elas fariam. Agentes podem automatizar tarefas repetitivas, lembrar coisas que você esqueceu, interpretar dados complexos, aprender com você e até fazer recomendações para você.

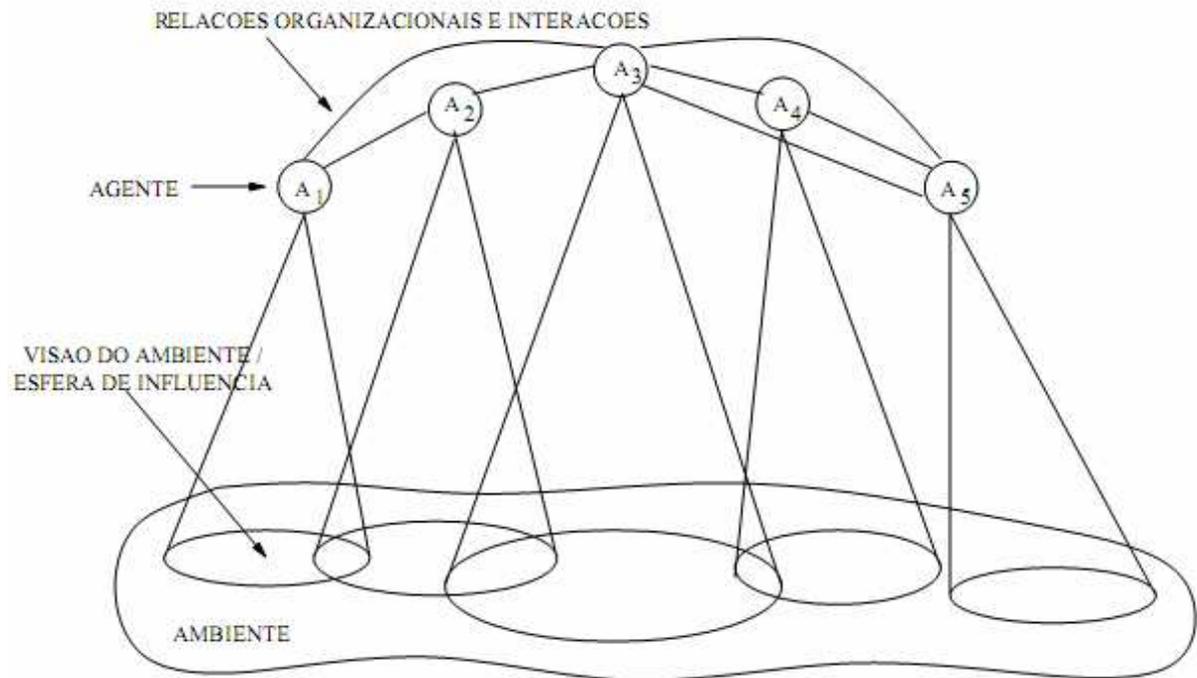
Segundo Franklin e Graesser (1996), agente de *software* é um sistema situado dentro de um ambiente, esse sistema percebe e age sobre esse ambiente ao longo do tempo, realizando suas próprias tarefas e assim afetando o que ele sentirá no futuro.

De um modo geral, do ponto de vista computacional, agentes são *softwares* que recebem tarefas a serem cumpridas e as conseguem cumprir de uma forma autônoma sem a interferência humana. Como exemplo, pode ser citado um agente que tem como tarefa encontrar o menor preço de um determinado produto para sugerir para um cliente ou um agente que encontre, de acordo com o perfil do usuário, o vídeo mais recomendado para ele assistir.

É bastante comum encontrar sistemas onde não existe somente um agente, mas sim vários agentes onde cada agente tem a responsabilidade de cumprir uma determinada tarefa. O conjunto de tarefas a serem cumpridas pelos agentes pode ser visto como o objetivo final. Esses sistemas com vários agentes são chamados de Sistemas Multiagente (SMA).

Os SMA são formados por quatro aspectos: os agentes, a interação entre eles, o ambiente e sua organização. O agente é um processo computacional situado num ambiente, projetado para atingir um propósito, neste ambiente, através de um comportamento autônomo e flexível, o ambiente é o domínio de aplicação onde o agente trabalha para atingir seus propósitos, a interação ocorre de um agente com o ambiente através de suas ações e percepções, a organização possui um propósito principal nos sistemas que é fazer com que sua finalidade seja facilmente mantida (HÜBNER e SICHMAN, 2003).

Figura 16 – Visão de um Sistema Multiagente



Fone: Jennings e Wooldridge (2000)

A Figura 16 mostra a visão de um sistema multiagente, descrevendo suas relações e interações, além da visão que os agentes tem do ambiente. Desta forma, o paradigma orientado a agentes diz respeito a decompor os agentes em múltiplos componentes autônomos que podem atuar e relacionar-se em um caminho flexível, almejando atingir seu conjunto de objetivos. Além disso, modelar abstratamente uma parte de interesse do problema em agentes, interações e unidades organizacionais, e finalmente, desenvolver estruturas e mecanismos que frequentemente são usados para descrever e gerenciar a complexidade e mudanças ocorridas nos relacionamentos organizacionais existentes entre os agentes (PINTO, 2009).

3.4 Otimização Combinatória

Problemas de otimização, na sua forma geral, tem como objetivo maximizar ou minimizar uma função definida sobre determinado domínio. A teoria clássica de otimização trata do caso em que o domínio é contínuo e infinito. Já no caso dos chamados problemas de otimização combinatória, o domínio é tipicamente discreto e finito. Além disso, em geral, é fácil listar os seus elementos e também testar se um dado elemento pertence a esse domínio. Ainda assim, a ideia de testar todos os elementos deste domínio na busca pela melhor solução é inviável na prática, mesmo para instâncias de tamanho moderado (MIYAZAWA, 2011).

Apesar da evolução no poder de processamento dos computadores nos últimos anos, ainda existem vários problemas considerados intratáveis. Um problema é intratável se o tempo necessário para resolvê-lo é considerado inaceitável para o usuário. Em termos práticos, um problema é tratável se o seu limite superior de complexidade é polinomial e é intratável se o limite superior de sua complexidade é exponencial (LINDER, 2008), isto é, se o seu tempo de execução é da ordem de uma função exponencial (2^n) ou fatorial ($n!$).

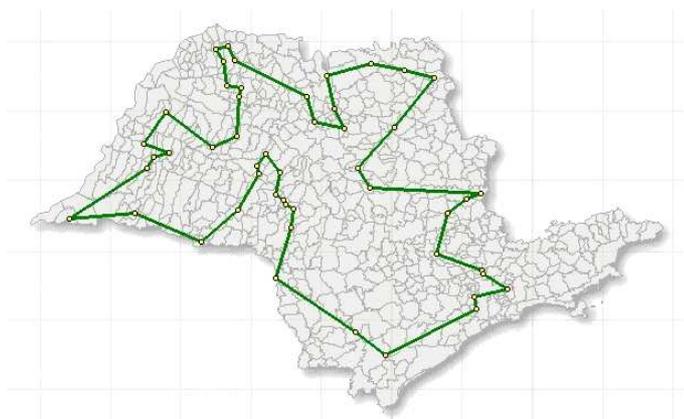
De um modo geral, a maioria dos problemas de otimização combinatória, na prática são considerados computacionalmente intratáveis, ou seja, eles pertencem à classe dos problemas NP-completos ou NP-difíceis, onde NP significa *Non-deterministic Polynomial time*. Para problemas NP-completos e NP-difíceis, o tempo computacional para encontrar a solução ideal cresce de modo exponencial, ou fatorial, com a dimensão de variáveis de entrada no pior caso. Além disso, se for possível encontrar um algoritmo de tempo polinomial para resolver um problema NP-completo, então todos os outros problemas NP-completos ficarão resolvidos em tempo polinomial, o mesmo valendo para os problemas NP-difíceis (PAPADIMITRIOU, 1994).

Como exemplo, de um problema intratável, pode ser citado o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), uma vez que o uso de técnicas convencionais como a busca exaustiva, também conhecida como método da força bruta, é inviável, devido à quantidade de combinações possíveis. Por exemplo, se existem 100 cidades, há 10^{158} opções, e se fosse possível avaliar um bilhão de soluções por segundo, seriam necessários 10^{141} anos para encontrar a solução ótima (LINDER, 2008).

Exemplos de problemas de otimização combinatória:

- **Problema do Caixeiro Viajante (PCV):** Nesse problema deve-se encontrar um caminho que tenha a menor distância a ser percorrida para que sejam visitadas todas as cidades passando exatamente uma única vez em cada cidade e retornando à cidade de origem. Como aplicação pode-se citar o problema de roteamento de veículos. A Figura 17 mostra um exemplo do PCV.

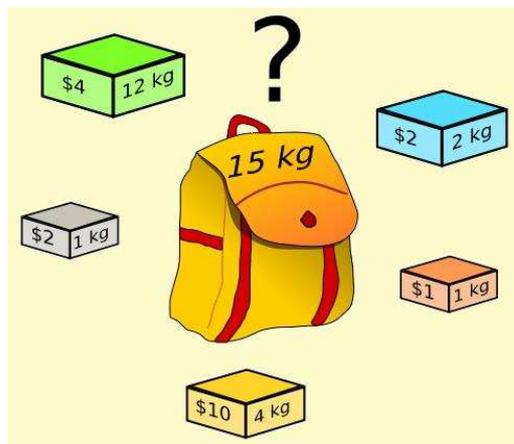
Figura 17 – Exemplo de rota ligando cidades de São Paulo, sem repetição



Fonte: Miyazawa (2011)

- **Problema da Mochila:** Consiste em encher a mochila com objetos de diferentes pesos e valores de forma a carregá-la com o maior valor possível, sem ultrapassar o peso máximo permitido. Como aplicações desse problema pode-se citar carregamento de veículos, problema de corte e empacotamento, etc. A Figura 18 mostra um exemplo de uma mochila com vários pacotes com pesos e valores diferentes.

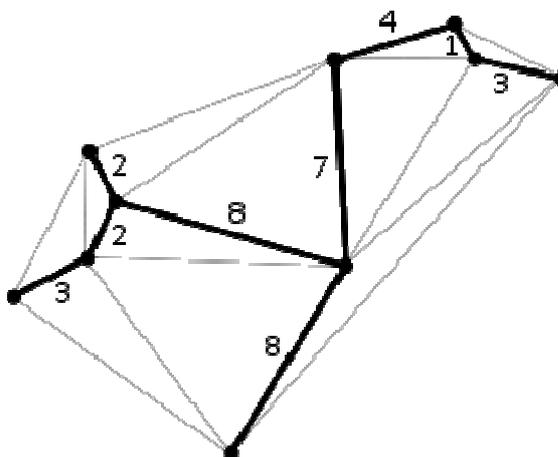
Figura 18 – Exemplo do Problema da Mochila



Fonte: Chiwiacowsky (2012a)

- **Árvore de Cobertura Mínima:** Consiste em encontrar uma árvore de cobertura sobre N vértices que possua o menor custo ou menor comprimento total, podendo ser aplicado, por exemplo, na instalação de fibras óticas num campus de uma faculdade, onde cada vértice seria um bloco e as arestas os custos do cabeamento, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Exemplo de Árvore de Cobertura Mínima



Fonte: Forster (2009)

3.5 Metaheurísticas

O termo metaheurística surgiu no mesmo artigo que introduziu o termo Busca Tabu (GLOVER, 1986) e tornou-se bastante usado desde então na literatura. A metaheurística é uma estratégia mestre que guia e modifica outra heurística para gerar soluções, além daquelas que normalmente são encontradas em buscas que encontram ótimos locais (POLTOSI, 2007). A heurística guiada por essa metaestratégia pode ser um procedimento de alto nível ou pode incorporar simplesmente uma descrição de movimentos disponíveis transformando uma solução em outra, juntamente com uma regra de avaliação associada, normalmente chamada de Função Objetivo (FO) (GLOVER e LAGUNA, 1997).

É importante destacar que uma metaheurística não é aplicável a somente um problema, mas sim a vários problemas de diferentes áreas como telecomunicação, logística, transportes, produção, etc.

Como exemplos de metaheurísticas, pode ser citado:

- **Recozimento Simulado (*simulated annealing*):** foi sugerida por Kirkpatrick, Gelatt e Vecchi (1983) no início da década de 80 como técnica para solucionar problemas de otimização combinatória. É baseada em processos físicos onde é simulado o processo de têmpera (recozimento) dos metais;
- **Algoritmo Genético:** foi proposto por Holland (1975), e procura imitar o fenômeno biológico da reprodução evolutiva onde os indivíduos mais aptos tendem a sobreviver;
- **Colônia de Formigas:** essa metaheurística foi proposta por Dorigo (1992) e seus colegas em 1992 (DORIGO, CARO e GAMBARDELLA, 1999) para solucionar problemas de otimização combinatória como o problema do caixeiro viajante simulando uma colônia de formigas que cooperam em uma atividade para realizar determinada tarefa em conjunto;
- **Busca Tabu:** foi proposta por GLOVER (1986), a Busca Tabu consiste em um algoritmo iterativo que a partir de uma estrutura de vizinhança e uma lista tabu busca fugir de ótimos locais, a Busca Tabu tem uma lista

que proíbe movimentos reversos denominada lista tabu. (GLOVER e LAGUNA, 1998).

- **GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*)**: é uma metaheurística proposta por Feo e Resende (1989), combina heurísticas construtivas e busca local, caracteriza-se por um procedimento iterativo composto por duas fases onde na primeira fase é construída uma solução e a na segunda fase essa solução é melhorada.

Para resolver os problemas de otimização combinatória desse trabalho serão utilizadas as metaheurísticas Busca Tabu e Algoritmo Genético, por isso essas duas metaheurísticas serão apresentadas com maiores detalhes nas próximas seções.

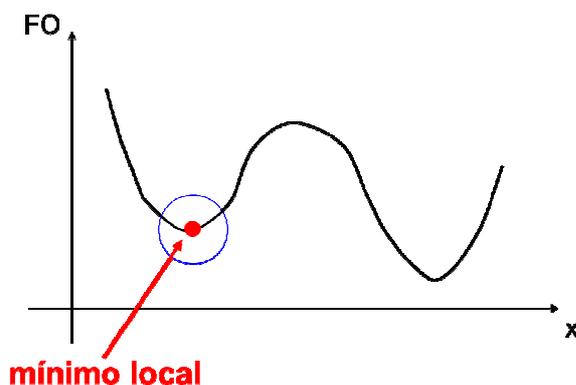
3.5.1 Busca Tabu

A Busca Tabu (BT) é uma metaheurística proposta por Fred Glover em 1986 (GLOVER, 1986). Ela é composta por um conjunto de conceitos e práticas que são usadas para resolução de problemas de otimização combinatória. Essa técnica é utilizada para encontrar soluções aproximadas de problemas complexos onde o tempo para encontrar a solução ótima é exponencial ou fatorial.

A Busca Tabu é uma metaheurística baseada num processo de busca em vizinhança também chamada de Busca Local (BL). Devido as suas semelhanças com o método de BL, os dois primeiros elementos básicos de uma BT, espaço de busca e a estrutura de vizinhança, são muito semelhantes aos da BL. Contudo, o principal diferencial da BT é uma lista que restringe o algoritmo para evitar movimentos reversos, denominada de Lista Tabu, daí o nome Busca Tabu. Através dessa técnica, também se dá capacidade ao algoritmo de fugir de ótimos locais abrangendo um espaço de busca maior, o que conseqüentemente trará melhores resultados (GENDREAU, LAPORTE e POTVIN, 2002).

Na Figura 20 pode-se observar a busca de soluções através da heurística de descida da encosta. É possível observar que ao atingir o mínimo local a heurística fica presa nesse ponto não explorando outras áreas do espaço de soluções.

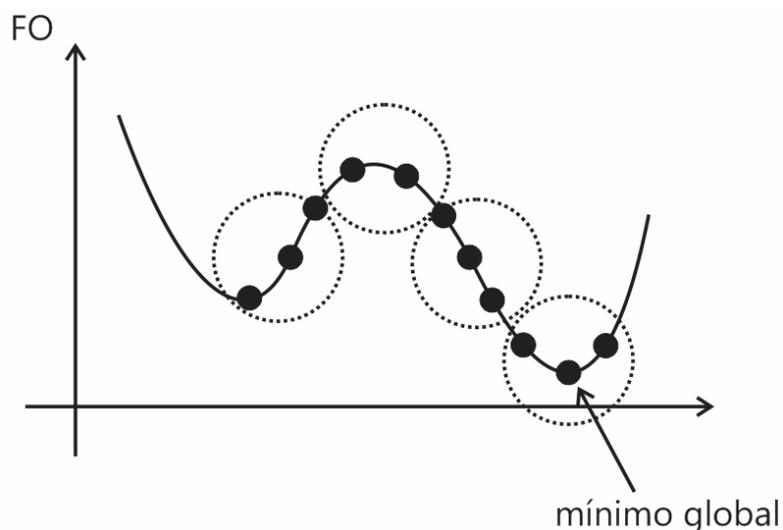
Figura 20 – Heurística descida da encosta presa no mínimo local



Fonte: Adaptado de Chiwiacowsky (2012b)

Por outro lado, a Figura 21 mostra o resultado encontrado através da BT. É possível observar através dos círculos pontilhados a geração de vizinhança. Através da vizinhança a BT se movimentava no espaço de soluções fazendo com que não fique presa ao ótimo local, encontrando o ótimo global ou uma solução considerada boa dentro do espaço de soluções.

Figura 21 – BT com uso de lista tabu para encontrar o mínimo global



Fonte: Adaptado de Chiwiacowsky (2012b)

3.5.1.1 Solução Inicial

A BT inicia a busca de uma solução melhor a partir de uma solução inicial viável. Essa solução inicial pode ser gerada aleatoriamente, de um método exato, através de outra heurística ou até mesmo, através de outra metaheurística como AG ou *simulated annealing*. Também pode-se informar uma solução já existente, caso se tenha essa informação no problema a ser otimizado.

3.5.1.2 Vizinhaça

A partir da solução inicial s_0 , a cada iteração é gerada uma vizinhaça $N(s)$ de uma solução atual s . Após a geração da vizinhaça, cada membro s' da vizinhaça $N(s)$ é avaliado através da função objetivo (FO), sendo que aquela solução que tiver a melhor FO passa a ser a solução atual s , mesmo que isso possa piorar o valor da FO atual. Esse critério de poder escolher uma solução pior que a solução atual tem como objetivo fazer com que a BT consiga fugir de ótimos locais.

3.5.1.3 Lista Tabu

Para as estruturas de memória de curto prazo é usada a Lista Tabu, que é como uma estrutura que armazena movimentos reversos evitando que eles estejam presentes nas próximas T iterações, sendo T o tamanho definido para a Lista Tabu (SIMAS, 2007). O objetivo de proibir alguns movimentos é para evitar ciclos em torno dos ótimos locais e forçar um avanço no espaço de buscas (VIANA, 1998). Em geral, tamanhos pequenos das listas permitem a exploração de soluções perto dos

ótimos locais, enquanto uma lista de tamanho grande força a busca a se distanciar de ótimos locais.

3.5.1.4 Critério de Aspiração

Em determinadas situações a lista tabu pode ter armazenado movimentos proibidos que poderiam levar a uma melhora da solução do problema. O critério de aspiração tem como objetivo relaxar a lista tabu, permitindo que um dado movimento, mesmo sendo tabu, ou seja, mesmo que ele esteja inserido na lista tabu, possa ser executado. Dentre os critérios de aspiração mais conhecidos pode ser citado por objetivo, ou seja, quando o movimento melhora o resultado da Função Objetivo (GLOVER e LAGUNA, 1997).

3.5.1.5 Política de Intensificação

A política de intensificação tem como objetivo concentrar a busca em áreas que historicamente produziram bons resultados. Uma estratégia bastante usada para intensificação é usar as soluções elite (que produziram melhor resultado da FO) e a partir delas gerar vizinhanças com pequenas modificações (GLOVER e LAGUNA, 1997).

3.5.1.6 Política de Diversificação

A política de diversificação tem como objetivo diversificar a busca, dessa forma é possível chegar a áreas ainda não exploradas do espaço de soluções. Na Busca Tabu uma técnica de diversificação é alterar as regras de escolha de atributos de modo que os atributos de soluções não usadas frequentemente sejam escolhidos (GLOVER e LAGUNA, 1997).

3.5.1.7 Critério de Parada

O critério de parada tem como objetivo definir até quando a BT deverá ser executada. Existem diversos critérios de paradas, como por exemplo, número fixo de interações, número de interações sem melhora na FO, tempo de processamento, quando a FO atingir um determinado valor, dentre outras.

3.5.1.8 Pseudocódigo

A Figura 22 mostra o pseudocódigo clássico da Busca Tabu para minimização.

Figura 22 – Pseudocódigo clássico da Busca Tabu para minimização

```

Seja  $s_0$  solução inicial;
 $s^* \leftarrow s$ ;           {Melhor solução obtida até então}
Iter  $\leftarrow 0$ ;       {Contador do número de iterações}
MelhorIter  $\leftarrow 0$ ;   {Iteração mais recente que forneceu  $s^*$ }
{Seja NBmax o número máximo de iterações sem melhora em  $s^*$ ;}
 $T \leftarrow \emptyset$ ;    {Lista Tabu}
Inicialize a função de aspiração A;
enquanto (Iter - MelhorIter  $\leq$  BTmax) faça
    Iter  $\leftarrow$  Iter + 1;
    Seja  $s' \leftarrow s \oplus m$  o melhor elemento de  $V \subseteq N(s)$  tal que o
    movimento  $m$  não seja tabu ( $m \notin T$ )
    ou  $s'$  atenda a condição de aspiração ( $f(s') <$ 
    A( $f(s)$ ));
    Atualize a Lista Tabu T;
     $s \leftarrow s'$ ;
    se  $f(s) < f(s^*)$  então
         $s^* \leftarrow s$ ;
        MelhorIter  $\leftarrow$  Iter ;
    fim-se;
    Atualize a função de aspiração A (caso  $s'$  atenda a condição de
    aspiração);
fim-enquanto;
Retorne  $s^*$ ;
fim BT;

```

Fonte: Talbi (2009)

3.5.2 Algoritmo Genético

O Algoritmo Genético (AG) foi proposto por John Holland em 1975 (HOLLAND, 1975). Ele tem sido aplicado para encontrar soluções para problemas de otimização combinatória em diversas áreas como matemática, física, biologia, automação industrial, dentre outros. Segundo Goldberg (1989), AGs são algoritmos de busca baseados nos mecanismos de seleção natural e genética natural. Eles combinam a sobrevivência dos mais aptos além de propor uma troca de informações aleatória. Abaixo serão explicadas as principais partes do AG.

3.5.2.1 População Inicial

A população inicial é um conjunto de soluções que pode ser gerada aleatoriamente, sendo que o tamanho pode variar dependendo do tamanho da instância do problema abordado, normalmente encontram-se na literatura tamanhos de população entre 20 e 50 indivíduos. Além da forma aleatória, a população inicial pode ser gerada através de outras técnicas como, por exemplo, usar o resultado de uma outra metaheurística, usar uma heurística, usar dados reais existentes, etc (REEVES, 2003).

3.5.2.2 Cromossomo

O AG evolui um conjunto de soluções iniciais chamada de população inicial, cada indivíduo da solução inicial é chamado de cromossomo, ou seja, um cromossomo representa uma solução para o problema que está sendo abordado. Normalmente, a codificação de um cromossomo é feita através de estruturas de dados como vetores ou listas, cada campo do vetor representa o valor de uma das

variáveis de decisão. O cromossomo pode conter valores binários, inteiros, reais ou uma combinação entre eles.

3.5.2.3 Função Objetivo

Assim como a Busca Tabu, o AG tem uma função objetivo (FO), também conhecida como função de avaliação ou *fitness*, que tem como objetivo avaliar a qualidade da solução atual. No caso do AG cada cromossomo representa uma solução, assim sendo, o cálculo da FO é feito sobre cada cromossomo.

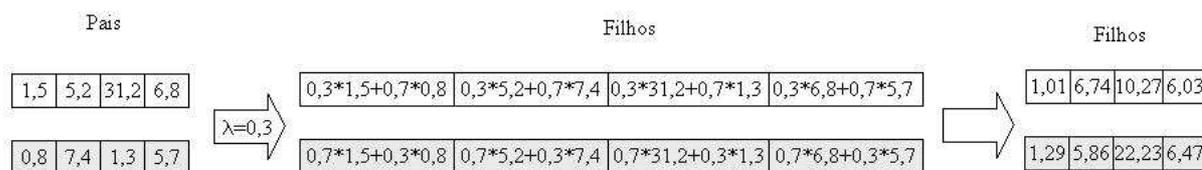
3.5.2.4 Processo de Seleção

No AG o processo de seleção é utilizado para selecionar os indivíduos baseados em sua aptidão. Indivíduos mais aptos tem uma maior probabilidade de serem escolhidos, seja para estarem presentes na próxima geração ou para serem pais de novos indivíduos. Existem várias formas de selecionar indivíduos como, por exemplo, seleção por torneio, seleção elitista com truncamento, roleta, por ranqueamento, dentre outros (REEVES, 2003).

3.5.2.5 Operadores de Crossover

O operador de *crossover* ou cruzamento ou recombinação é responsável por cruzar as informações genéticas dos pais para gerar indivíduos filhos. A Figura 23 mostra o operador de *crossover* sendo aplicado, sendo que os filhos são formados pelo cruzamento da carga genética dos pais. O processo de *crossover* pode ocorrer entre dois ou mais indivíduos (REEVES, 2003).

Figura 23 – Operador de *crossover* do AG



Fonte: Adaptado de Reeves (2003)

No AG com codificação real os operadores de cruzamento de números binários e reais não são adequados, pois apenas trocam os valores dos genes e não criam novos valores. Assim, os operadores de cruzamento aritméticos são mais indicados (Catarina, 2009). Abaixo é mostrado o exemplo de um cruzamento aritmético.

O cruzamento aritmético consiste em gerar dois cromossomos filhos ($f1$, $f2$) a partir de dois cromossomos pais ($p1$ e $p2$), usando a expressão (4) e (5) (Michalewicz, 1996):

$$f1 = \lambda p1 + (1 - \lambda) p2; \quad (4)$$

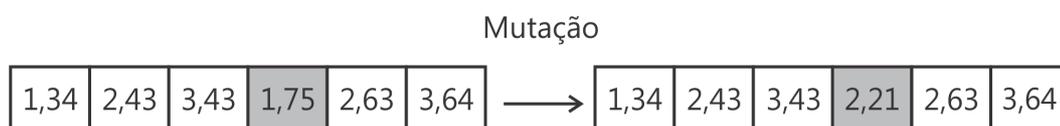
$$f2 = \lambda p2 + (1 - \lambda) p1; \quad (5)$$

onde λ é um número aleatório entre zero e um.

3.5.2.6 Operadores de Mutação

O operador de mutação tem como objetivo manter a diversidade da população. Dessa forma o algoritmo tende a explorar espaços da solução antes não visitados. Normalmente o operador de mutação é utilizado com uma baixa frequência. A Figura 24 mostra o operador de mutação sendo aplicado a um cromossomo (REEVES, 2003).

Figura 24 – Operador de mutação do AG



Fonte: Adaptado de Reeves (2003)

A mutação uniforme é uma técnica usada com números reais e consiste em substituir o gene selecionado do cromossomo por outro gene gerado aleatoriamente, segundo uma distribuição uniforme, entre os limites mínimo e máximo permitidos (Catarina, 2009).

3.5.2.7 Critério de Parada

O critério de parada tem como objetivo definir até quando o AG deverá ser executado. Existem diversos critérios de paradas, como por exemplo, tempo computacional, diversidade da população, número específico de gerações, número de avaliações da FO, quando atingir certo valor da FO (Reeves, 2003).

3.5.2.8 Pseudocódigo

A Figura 25 mostra o pseudocódigo clássico do algoritmo genético. Pode-se observar a geração da população inicial, avaliação da FO de cada indivíduo e após isso, inicia-se o processo iterativo do algoritmo até que o critério de parada seja satisfeito. A cada iteração são selecionados indivíduos pais para criar a próxima geração através de cruzamento e mutação, também é feita a avaliação da FO de cada novo indivíduo gerado. Por final, é apresentada a melhor solução encontrada.

Figura 25 – Código-Fonte clássico do Algoritmo Genético

```
Inicialização:
Gerar população inicial;
Evoluir a população inicial e encontrar o melhor indivíduo;
Atualizar a melhor solução;
Enquanto critério de parada não for satisfeito faça
{
    Selecionar indivíduos pais;
    Criar novos indivíduos através do cruzamento e mutação;
    Armazenar novos indivíduos na nova população;
    Avaliar cada indivíduo da nova população;
    Se melhor FO < atual FO
        Melhor FO = atual FO;
}
```

Apresentação do melhor indivíduo;

Fonte: Adaptado de Lin (2008)

4 Trabalhos Relacionados

Nesse capítulo são apresentados trabalhos que usaram cada uma das tecnologias que estão envolvidas nesse projeto, por exemplo, são apresentados trabalhos correlatos sobre sistemas de recomendação que usaram ontologias para sugestão de conteúdo para TV Digital, otimização de parâmetros de transmissão através de metaheurísticas e por final uso de agentes de *software* em conjunto com ontologias e metaheurísticas. Não foi encontrado na literatura um trabalho único que abordasse todas as tecnologias envolvidas.

4.1 Sistemas de Recomendação e Ontologias

No contexto de recomendação de filmes existem vários *sites* que, a partir do preenchimento de um pequeno perfil, passam a sugerir filmes para os usuários. Abaixo são detalhados alguns sites de recomendação de filmes:

- Movielens (MOVIELENS, 2012): Ao realizar o cadastro exige que no mínimo 15 filmes sejam qualificados com nota entre 0 e 5 estrelas. A partir disso o sistema passa a sugerir filmes ao usuário;
- Cinedica (CINEDICA, 2012): Ao realizar o cadastro é exigido que se classifique no mínimo 5 filmes, nesse caso basta informar se gostou do filme em uma lista aleatória que é fornecida. A partir disso o sistema faz a sugestões ao usuário;
- Jinni (JINNI, 2012): Ao realizar o cadastro deve-se informar os gêneros de filmes preferidos, também é possível selecionar os gêneros que não se gosta. Além disso, exige que 10 filmes sejam classificados de um determinado gênero que foi escolhido. A partir disso, são criadas sugestões ao usuário;

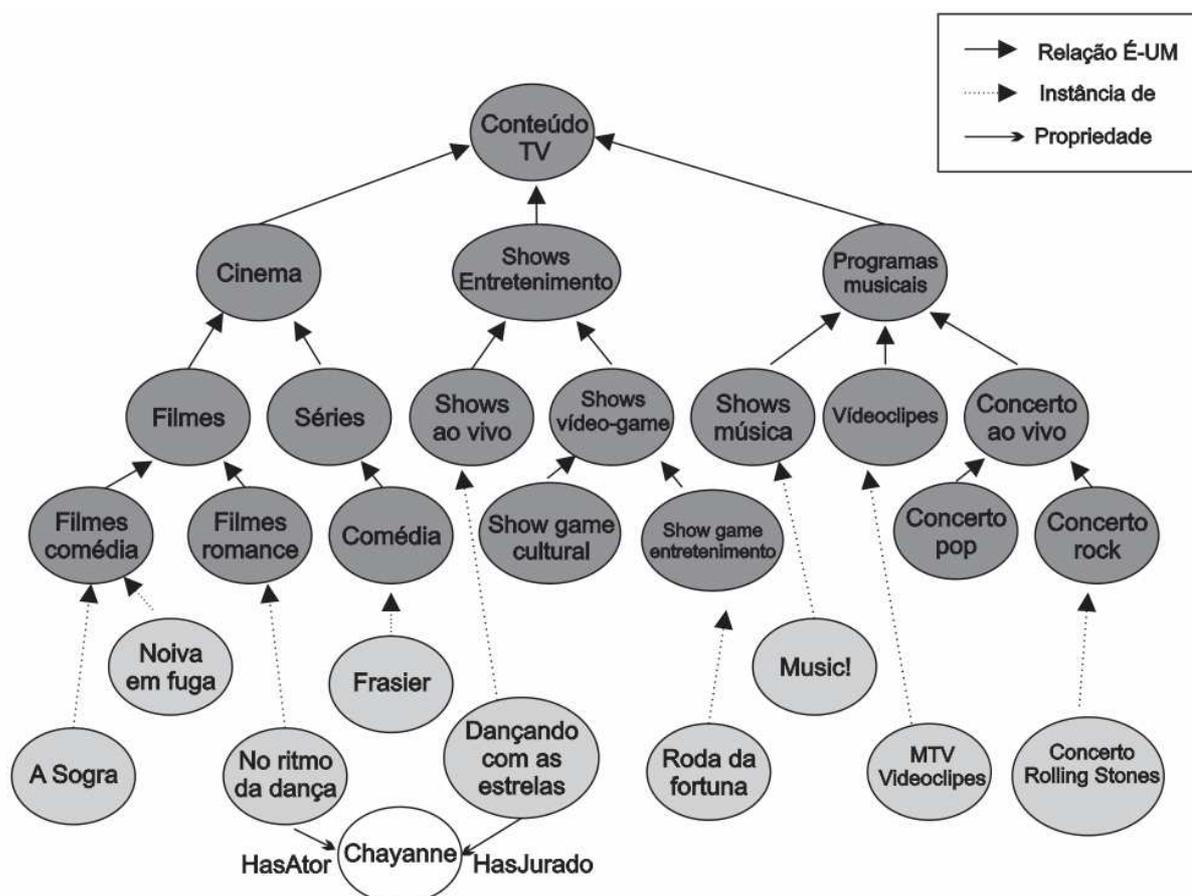
- Outros exemplos de sites para recomendação de filmes são: Netflix, Rotten Tomatoes, Flixster, Imdb.

No contexto de televisão digital foram publicados vários trabalhos usando ontologias para a representação dos metadados de programas, filmes, esportes e diversos conteúdos disponíveis aos usuários.

Na abordagem de Fernández et al. (2006) os autores propõem um sistema para recomendação automática de conteúdos para programas transmitidos por canais de TV Digital através do uso das tecnologias da *Web* semântica, ontologias na linguagem OWL e agentes de *software*.

A Figura 26 mostra a estrutura da ontologia, pode-se observar uma estrutura parecida com a ontologia montada nesse trabalho, contudo, com uma abrangência maior, pois os autores englobaram vários tipos de conteúdo como cinema, filmes, séries, entretenimento, *shows* musicais, dentre outros.

Figura 26 – Estrutura da Ontologia do sistema AVATAR

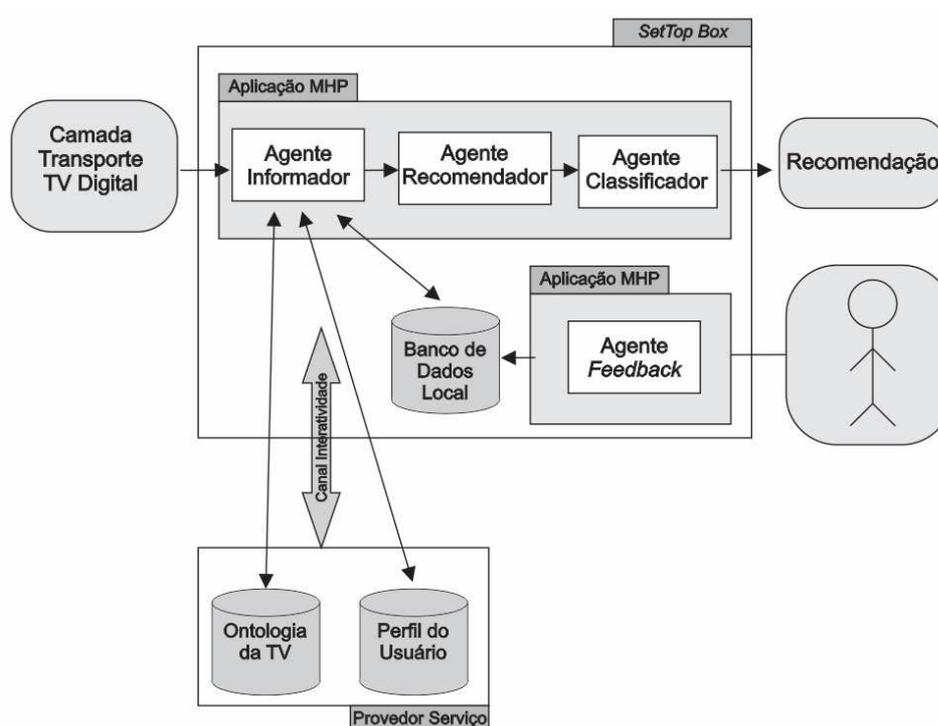


Fonte: Adaptado de Fernández et al. (2006)

O motivo pelo qual se optou na diminuição do escopo da área de conhecimento, apenas para cinema, foi porque não se teria tempo o suficiente para projetar e implementar toda a ontologia e os agentes relacionados para sugerir os conteúdos ao usuário.

A Figura 27 mostra a arquitetura montada por Fernández et al. (2006), o Agente Recomendador tem como objetivo recomendar conteúdo de acordo com os conteúdos assistidos no passado pelo usuário. Para isso, são usadas duas estratégias para calcular a similaridade entre os conteúdos assistidos com aqueles que serão sugeridos: similaridade semântica hierárquica e similaridade semântica inferencial.

Figura 27 – Arquitetura do sistema AVATAR



Fonte: Adaptado de Fernández et al. (2006)

A similaridade semântica hierárquica leva em consideração a hierarquia É-UM. No caso do ancestral comum ser um nível anterior, a similaridade é grande e quanto mais distante menor é a similaridade. No exemplo da Figura 26, pode-se

observar que existe similaridade entre os filmes *Noiva em Fuga* e *No Ritmo da Dança*, pois possuem o ancestral comum *Filme*.

A similaridade semântica inferencial é usada para descobrir relações implícitas entre os conteúdos. Nesse caso são analisadas características semânticas comuns entre conteúdos da ontologia. No exemplo da Figura 26, é possível observar similaridade entre o filme *No Ritmo da Dança* com o programa *Dançando com as Estrelas*, pois em ambos há a participação de *Chayanne*, no filme como ator e no programa como jurado.

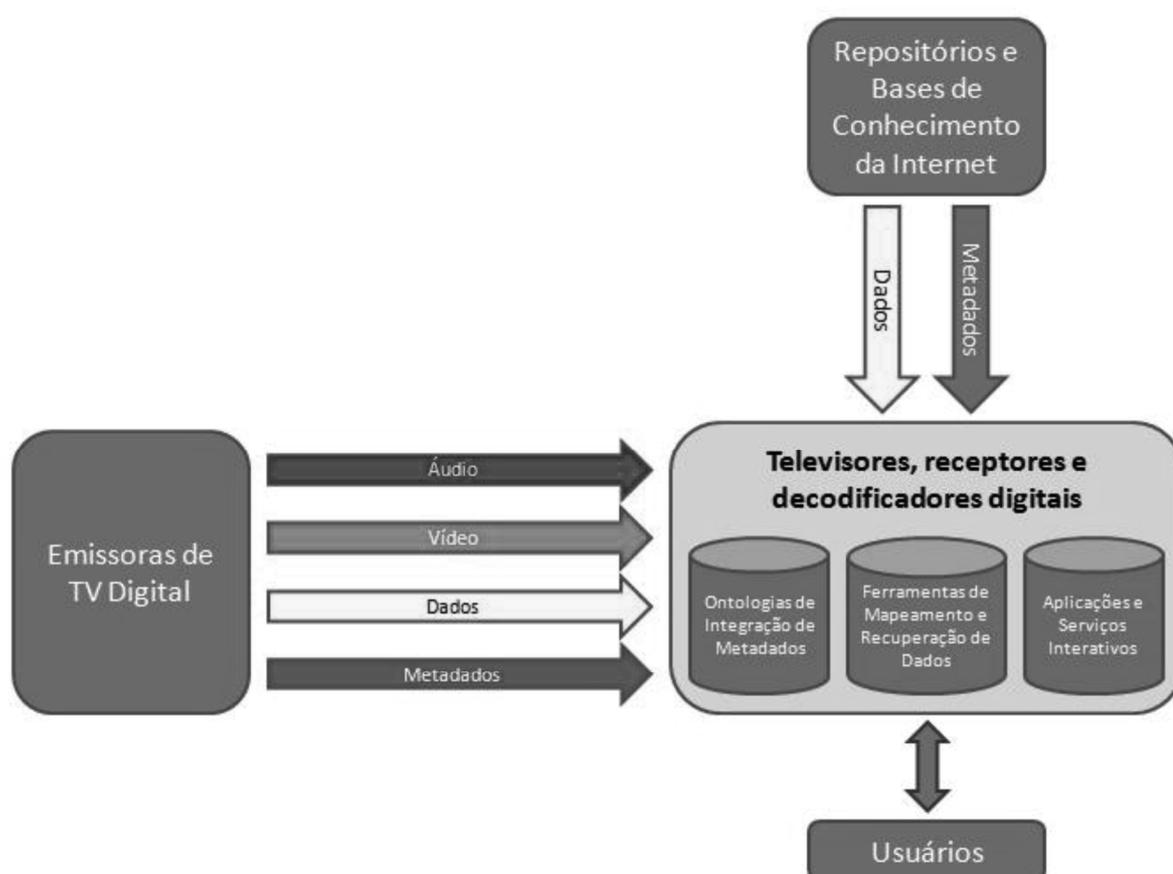
O Agente Classificador faz a ordenação do conteúdo encontrado de acordo com a idade do usuário e os idiomas que ele entende. O Agente Informador acessa a ontologia da TV e a ontologia do perfil do usuário. O Agente *Feedback* atualiza os dados do usuário de acordo com o conteúdo que ele gostou. Na arquitetura proposta pelo autor, o processamento do Agente Informador, Agente Recomendador, Agente Classificador, Agente *Feedback* ocorre diretamente no *Set-Top Box* do cliente sendo que o Agente Informador é o responsável por fazer a comunicação através do canal de interatividade com as ontologias da TV e a ontologia do Perfil do Usuário que estão armazenados na emissora.

Também é importante destacar que no sistema proposto em Fernández et al. (2006), apenas é abordado o módulo de sugestão de conteúdo, já no presente trabalho, além do módulo de sugestão de conteúdo, será abordado o módulo de transmissão de conteúdo no qual é realizada a otimização de acordo com o usuário para transmitir o conteúdo.

No artigo de Araújo e Ricarte (2010) é proposta a integração de metadados existentes em um ambiente de transmissão e recepção de TV digital aberta em redes de transmissão terrestre e via satélite. Uma vez que o dispositivo receptor de TV digital aberta terá acesso a um canal de interatividade via Internet, será apresentada uma metodologia para integrar as informações de metadados dos padrões da indústria de *broadcast* multimídia, com ontologias voltadas para a descrição de conhecimento de domínios específicos existentes em repositórios de ontologias da Internet.

A Figura 28 mostra o modelo proposto, uma vez que a ontologia de integração de metadados está disponível, a mesma é armazenada internamente na memória do equipamento de recepção de sinal digital. Além da ontologia, são implementadas ferramentas que fazem o uso da ontologia de integração de metadados para fazer o mapeamento e a recuperação de dados transmitidos pelos diferentes padrões de TV digital e também de dados existentes nos repositórios da Internet (ARAÚJO e RICARTE, 2010).

Figura 28 – Componentes do modelo metodológico proposto



Fonte: Araújo e Ricarte (2010)

No artigo de Rey-López et al. (2006) é abordado o conceito de aprendizagem, através de TV Digital interativa, usando os próprios programas de TV para atrair os usuários para uma experiência educacional. Para que estas experiências tenham sucesso, a proposta é identificar as características dos programas que podem aguçar a curiosidade do telespectador e seleciona os conteúdos educacionais (objetos de aprendizagem) apropriados para satisfazer esta curiosidade. Dessa

forma, foi usada uma ontologia para classificar os programas de TV e armazenar suas características mais relevantes e outra ontologia para armazenar informações sobre os objetos de aprendizagem com o objetivo de estabelecer relacionamentos semânticos entre eles e os programas de TV.

Já no artigo de Tsinaraki, Polydoros e Christodoulakis (2004) é demonstrada a viabilidade de fazer uma representação dos metadados voltados para descrição de conteúdo audiovisual de MPEG-7 e *TV-Anytime* na forma de ontologias em domínios de conhecimento específicos. Neste artigo, o autor criou uma metodologia para a integração de ontologias OWL com um *framework* desenvolvido por ele chamado de *DS-MIRF* que tem como objetivo dar suporte à ontologia baseada em indexação semântica e recuperação de conteúdo audiovisual, que segue as especificações padrões para a descrição de metadados do MPEG-7 e *TV-Anytime*.

No trabalho de Santos, Amaro e Lino (2011) é apresentado o *Semantic Query TV (SQTV)*, um módulo de consulta semântica que está inserido no contexto do projeto *Knowledge TV*, que propõe a criação de uma camada semântica para ser incorporada ao ambiente da TV Digital com o objetivo de melhorar o acesso aos dados, tanto por aplicações quanto por desenvolvedores. O SQTV é o módulo que se especializará em consultas semânticas com uso de agentes de software com suporte a ontologias.

4.2 Metaheurísticas

O uso de metaheurísticas para otimização de parâmetros de transmissão de dados para IPTV foi abordado por Weissheimer (2011). Nesse trabalho, o autor apresenta o desenvolvimento de um modelo computacional baseado na aplicação de metaheurísticas sobre uma plataforma IPTV com o objetivo de encontrar a melhor configuração dos parâmetros de transmissão considerando os tipos de usuários e dispositivos de recepção.

No trabalho de Linck (2011) a autora apresenta um sistema de busca de políticas de configuração dos parâmetros de codificação de vídeo para TV digital

usando o padrão H.264. Essa busca é feita através do uso das metaheurísticas Busca Tabu e Algoritmos Genéticos. Nesse trabalho, foi desenvolvido um algoritmo híbrido, a partir do uso dessas duas metaheurísticas, onde foi utilizado o poder de intensificação da Busca Tabu em conjunto com o poder de diversificação dos Algoritmos Genéticos. Este algoritmo híbrido permite a realização de experimentos abordando os problemas de otimização combinatória inerentes à arquitetura dos sistemas de codificação e decodificação de sinais de vídeo.

No artigo de Kandavanam, Botvich e Balasubramaniam (2009) foi desenvolvida uma nova abordagem para realizar a otimização de largura de banda para garantir a Qualidade do Serviço (QoS) para transmissões IPTV através da internet. A abordagem usa um novo algoritmo chamado GA-VNS (*Genetic Algorithm with Variable Neighborhood Search*) que é a combinação entre o Algoritmo Genético com Busca por Vizinhança Variável. Os resultados obtidos mostraram que o GA-VNS obteve bons resultados uma vez que houve melhoras significantes na distribuição do uso do *link* de internet disponível, do uso máximo do *link* de internet disponível e da taxa de rejeição de serviço.

No trabalho de Ryu e Kim (2011), é apresentado um novo método para determinar o limite de otimização de figuras geométricas para extração de cores de memória. Nessa abordagem é usado o Algoritmo Genético (AG) que é aplicado com base no relacionamento entre o tom da cor e uma matriz, a área obtida é subdividida em três grupos. O limite de otimização da figura geométrica é determinado para cada grupo. O desempenho do método proposto é avaliado através do cálculo da precisão de extração sendo que os resultados experimentais indicam que o método proposto supera outros métodos para a extração de cores de memória.

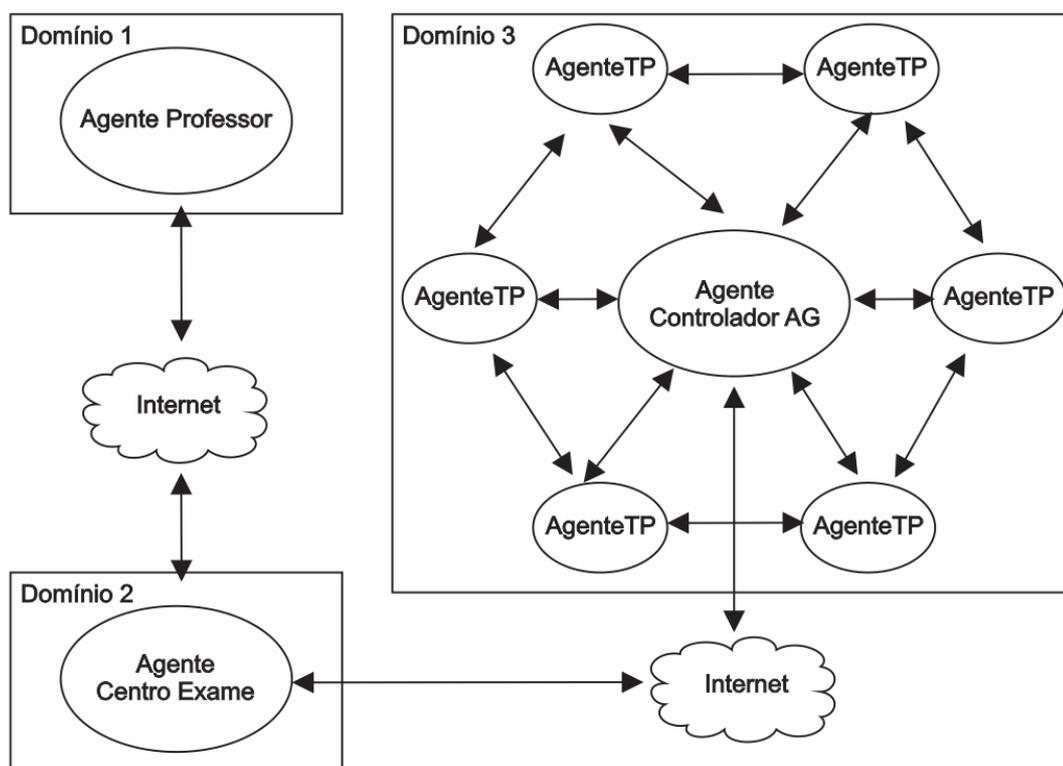
4.3 Agentes de Software

No trabalho de Meng et al. (2007), os autores propõem uma abordagem inovadora para geração automática de testes para alunos em um sistema distribuído na internet. Para essa geração foi criada uma estrutura de agentes de *software*, além do uso de uma ontologia que tem como objetivo fazer com que os agentes

envolvidos entendam os outros agentes para compor os requisitos do teste. Os requisitos para a implementação do Algoritmo Genético (AG), função objetivo e estrutura de cromossomos foram identificados com base na análise das condições de restrição associado a um determinado teste que será gerado.

A Figura 29 mostra a arquitetura proposta pelos autores. O Agente Professor é um agente que auxilia o professor a configurar os parâmetros iniciais, como por exemplo, buscar outros agentes para compor o teste. O Agente Centro Exame é responsável por oferecer serviços para a geração dos testes, avaliação dos testes gerados e enviar os testes aos clientes. O Agente Controlador AG é o principal agente que implementa o Algoritmo Genético (AG), uma vez que ele recebeu os parâmetros do Agente Centro Exame, além disso, ele cria uma população de agentes chamados AgenteTP. Cada AgenteTP representa um conjunto de soluções para o problema, que após ser evoluída é transmitida novamente para o Agente Controlador AG. Esse processo de evolução do AG ocorre até o critério de parada ser satisfeito.

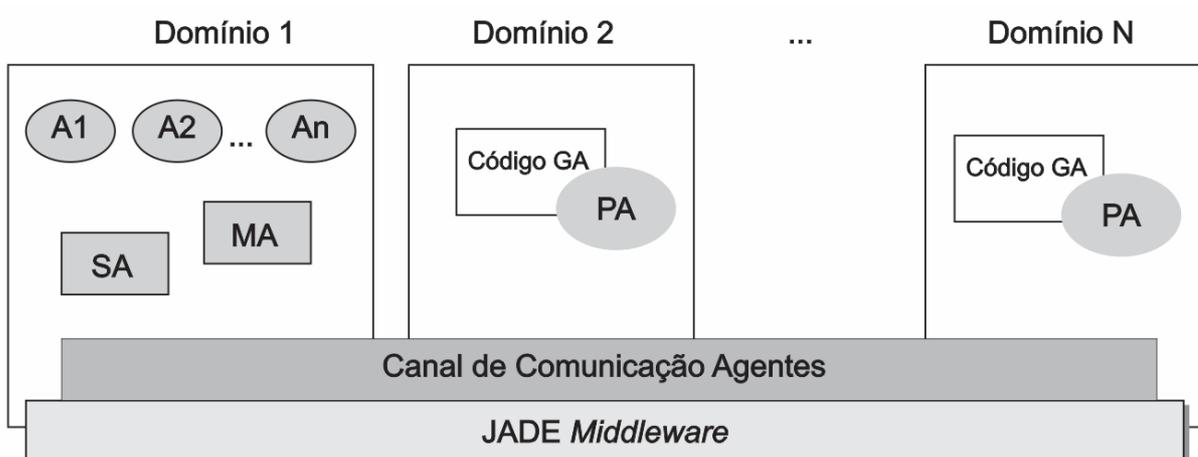
Figura 29 – Arquitetura distribuída com uso de agentes de *software*



Fonte: Adaptado de Meng et al. (2007)

No trabalho de Asadzadeh e Zamanifar (2010) foi abordado o problema do escalonamento de tarefas, que é um dos mais importantes problemas na área da automação industrial, para melhorar o tempo de utilização das máquinas, reduzir o tempo de produção e conseqüentemente o custo. O uso de agentes é amplamente aplicável para paralelizar e criar sistemas distribuídos. Na abordagem proposta pelos autores foi desenvolvido o uso de agentes para paralelizar a execução do Algoritmo Genético (AG), a Figura 30 mostra a arquitetura de agentes proposta.

Figura 30 – Arquitetura proposta com uso de agentes de *software*



Fonte: Adaptado de Asadzadeh e Zamanifar (2010)

Para o desenvolvimento da arquitetura foi utilizado o *Jade Framework* que consiste em um conjunto de bibliotecas que facilita a criação dos agentes de *software* e a comunicação através do padrão FIPA. A Figura 30 mostra os agentes distribuídos em vários domínios sendo que o *Jade* fornece o canal de comunicação seguro entre os agentes. Nesse modelo cada agente foi desenvolvido com um propósito específico:

- *MA* (Agente Gerenciador): *MA* e A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) tem como objetivo criar a população inicial do AG. O agente *MA* controla o comportamento dos agentes A_i ;
- A_i (Agente Executor): Cada máquina tem um agente A_i para agendar operações;

- *PA* (Agente Processador): Cada *PA* está alocado em um domínio distinto, o *PA* é responsável em executar o *AG* em sua subpopulação;
- *SA* (Agente Sincronizador): Esse agente coordena a migração dos resultados obtidos nas subpopulações dos agentes *PA*.

No artigo de Jaziri e Paquet (2006) é proposto um sistema multiagente para gerenciar territórios agrícolas com o objetivo de reduzir os danos causados pela água e os processos de inundações. A abordagem proposta consiste em otimizar a distribuição de culturas em um território com base em uma otimização através de um sistema multiagente. Um grupo de agentes representa cada tipo de cultura. O objetivo de um grupo de agentes é ocupar uma superfície total de parcelas para atingir seus objetivos de produção, reduzindo o valor do risco para toda a bacia. O valor do risco de escoamento é avaliado por um modelo espacial hidrológico ao nível do Modelo Digital do Terreno. Três estratégias de otimização, baseadas em Busca Tabu, são desenvolvidas e testadas com dados reais. Elas oferecem soluções satisfatórias em vários tempos de computação.

Já no artigo de Zhenggang, Linning e Li (2009) é abordado o problema de roteamento de veículos com janelas de tempo, ou seja, tem-se uma frota de veículos com capacidade limitada para servir um conjunto de clientes sem violar a capacidade e limitações de tempo. Para solucionar esse problema, é proposto um modelo de sistema multiagentes para otimizar o transporte através da redução de custos, obtido através de um agendamento otimizado para entregar as mercadorias dentro do horário estabelecido e através da sequência em que as entregas serão feitas aos clientes para evitar rotas duplicadas.

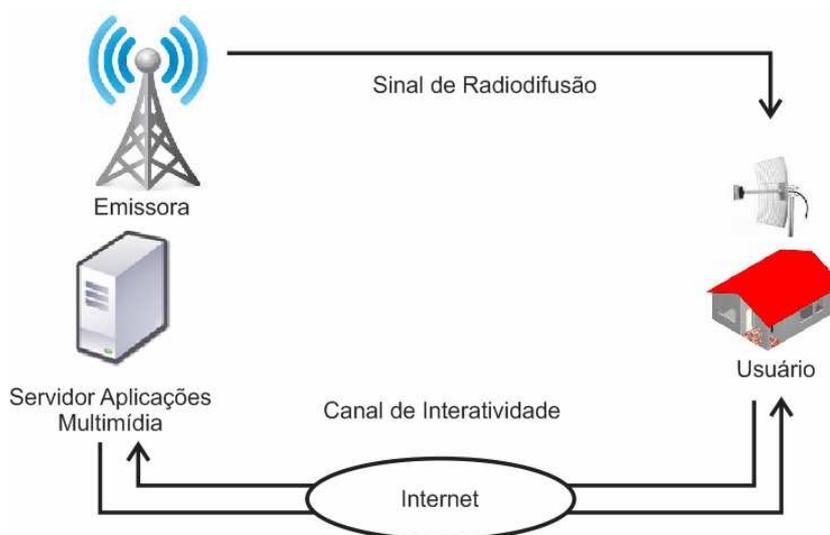
5 Modelo Proposto

Este capítulo tem como objetivo mostrar a arquitetura do modelo que foi desenvolvido. Será explicada a arquitetura, sua dinâmica e o detalhando de cada módulo. Também será apresentada a formulação matemática utilizada.

5.1 Visão geral da Arquitetura do Modelo

Como já havia sido abordado em capítulos anteriores, no SBTVD é possível ter-se um canal de interatividade, desde que se tenha conexão de internet para realizar a comunicação com a emissora. Partindo dessa premissa, que existe uma conexão de internet e que há uma autenticação do usuário ao conectar no servidor de aplicações multimídia do lado da emissora, é possível estabelecer um canal de comunicação entre o usuário, que está assistindo um determinado programa, com a emissora que está transmitindo o conteúdo. A Figura 31 ilustra essa dinâmica.

Figura 31 – Comunicação da Emissora com o Usuário



Fonte: Adaptado de CPqD (2006)

A partir dessa dinâmica de comunicação da emissora com o usuário, foram criadas duas ontologias, uma delas tem como objetivo fazer uma classificação do conteúdo existente no servidor de aplicações multimídia, por exemplo, classificação dos filmes por gênero, principais autores do filme, ano de lançamento, etc. A outra ontologia foi desenvolvida para descrever o perfil do usuário, por exemplo, é possível identificar se o usuário gosta de assistir filmes do gênero ação, comédia, suspense, os filmes já assistidos, os filmes que ele gostou, dentre outros.

Dessa forma, com as duas ontologias é possível cruzar o perfil do usuário com o conteúdo disponível no servidor de aplicações multimídia. Para isso foi criado um agente de *software* que lê o perfil do usuário, pesquisa o conteúdo disponível no servidor de aplicações multimídia e envia essa sugestão para o usuário. Essas sugestões são enviadas em um intervalo de tempo que poderá ser determinado pela emissora.

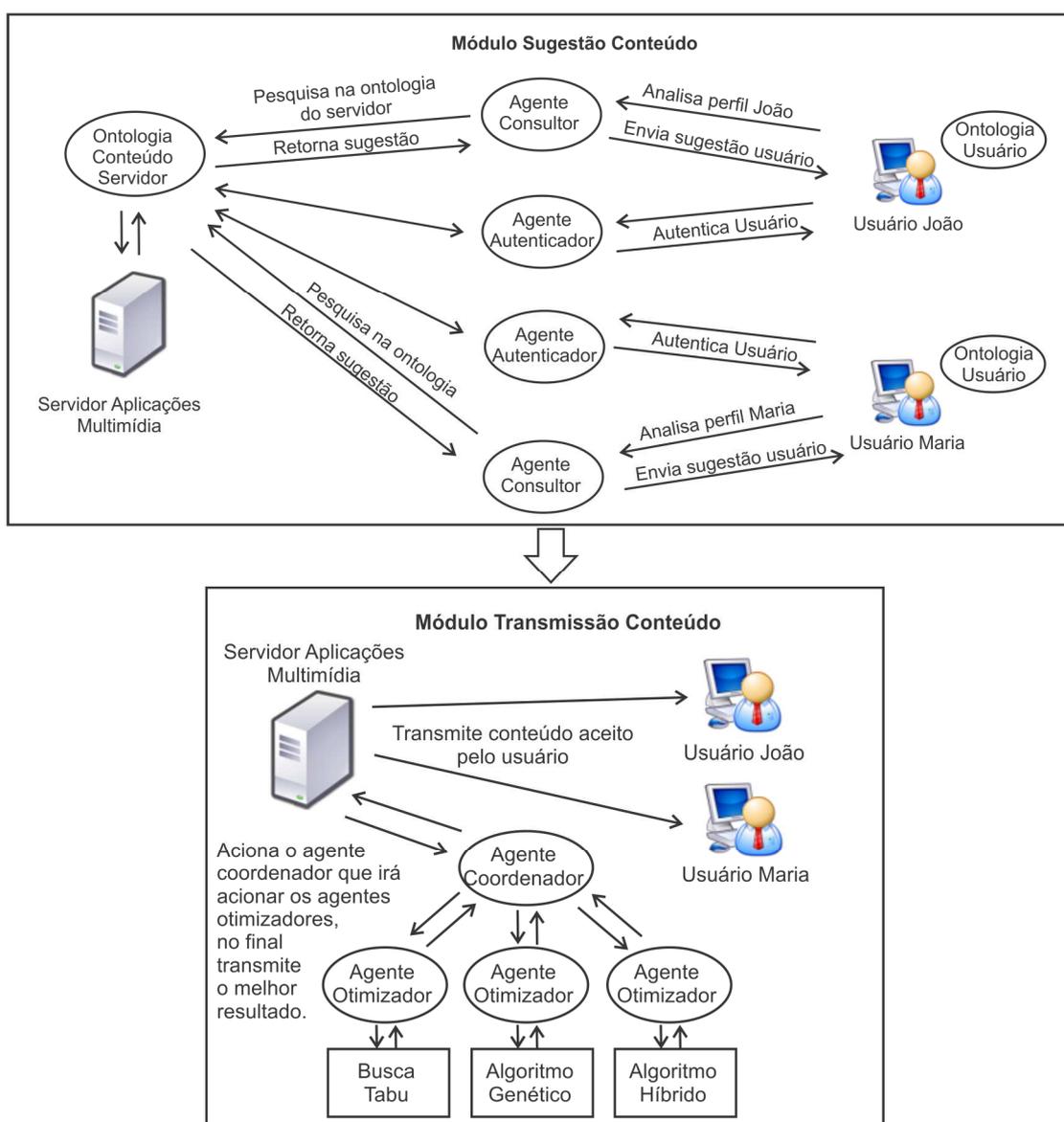
Após o aceite de um dos conteúdos sugeridos, o controle passa para o módulo de transmissão de conteúdo, é estabelecido um canal de comunicação entre servidor de aplicação multimídia e o usuário para realizar a transmissão do conteúdo.

A Figura 32 mostra um exemplo prático do funcionamento da arquitetura proposta. No módulo de sugestão de conteúdo existem os agentes consultores, eles são responsáveis por analisar o perfil do usuário, nesse caso temos dois usuários, cada um com um perfil descrito, através de uma ontologia. Após autenticar o usuário através dos agentes autenticadores e conhecer estes perfis, cada agente consultor faz uma pesquisa na ontologia do servidor para verificar quais os conteúdos são apropriados para cada usuário. Suponhamos que um usuário goste de assistir filmes de ação, assim o agente irá procurar por conteúdos relacionados a filmes de ação.

Após o aceite de um dos conteúdos sugeridos, o controle passa para o módulo de transmissão de conteúdo. Nesse módulo temos o agente coordenador e os agentes otimizadores. O agente coordenador irá acionar os outros agentes otimizadores, que por sua vez irão executar as metaheurísticas para analisar o perfil do usuário e, de acordo com os recursos que ele tem, determinar os melhores parâmetros e a melhor política de transmissão do conteúdo. Ao final cada agente otimizador irá transmitir o resultado encontrado pelas metaheurística BT, AG e AH

para o agente coordenador. O agente coordenador irá analisar qual deles obteve o melhor resultado sendo que esses parâmetros serão os escolhidos para a transmissão do conteúdo entre o servidor de aplicações multimídia e o usuário. Está se levando em consideração que a transmissão de conteúdo se dará através do IPTV, sendo que ao final da transmissão o canal de transmissão é encerrado e o perfil do usuário é atualizado com o filme que ele assistiu.

Figura 32 – Módulo Sugestão de Conteúdo e Transmissão de Conteúdo



Fonte: Elaborada pelo autor

Nesse trabalho está se levando em consideração que a comunicação entre emissora e usuário é feita através do canal de descida complementar e não junto com o canal de radiodifusão. Dessa forma, após o aceite por parte do usuário de um

determinado conteúdo, a transmissão entre servidor de aplicação multimídia e usuário pode ser vista como uma transmissão IPTV.

5.2 Detalhamento do Modelo por Módulo

Essa seção tem como objetivo detalhar cada módulo da arquitetura que foi implementada, explicando o funcionamento de cada um deles. Será abordado o módulo de sugestão de conteúdo onde será explicada a função de cada agente, da ontologia e os pseudocódigos usados para realizar as consultas na ontologia. Também será abordado o módulo de transmissão de conteúdo onde será detalhada a função objetivo (FO) para otimização da transmissão, os agentes de *software* envolvidos nessa tarefa e as metaheurísticas Algoritmo Genético, Busca Tabu e Algoritmo Híbrido que foram implementados.

5.2.1 Módulo Sugestão Conteúdo

Esse módulo sugere conteúdo ao usuário sendo que ele pode ignorar as sugestões ou aceitá-las. Fazem parte desse módulo a ontologia do servidor de aplicações multimídia, a ontologia que descreve o perfil do usuário, o agente autenticador e os agentes de *software* consultores.

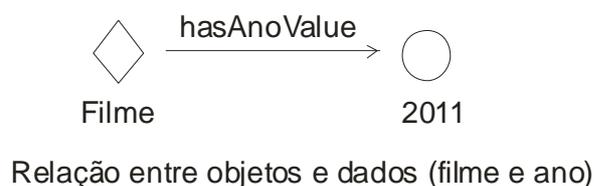
O módulo de sugestão de conteúdo foi implementado usando a técnica de filtragem por conteúdo. Dessa forma, são avaliados os gêneros preferidos dos usuários e a relação de similaridade entre filmes é avaliada pelas suas propriedades como atores, atrizes e gênero que eles têm em comum.

5.2.1.1 Ontologia do Servidor de Aplicações Multimídia

A ontologia do servidor de aplicações multimídia tem como objetivo descrever o conteúdo multimídia que está armazenado no servidor. Devido à grande diversidade de conteúdos que um servidor pode armazenar, esse trabalho irá restringir o escopo dessa ontologia apenas para filmes.

Utilizou-se o padrão *hasNomeCampo* para especificar propriedades de objetos, ou seja, que o campo da classe se refere a uma instância de um objeto. Para campos que se referem a tipos primitivos, ou seja, propriedades de dados, adotou-se o padrão *hasNomeCampoValue*. A Figura 33 mostra um exemplo de cada tipo.

Figura 33 – Exemplo de propriedade de objetos e propriedade de dados



Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 2 detalha as classes da ontologia e o significado de cada campo.

Tabela 2 – OntoServerMidia – Ontologia do servidor multimídia

Classe	Subclasse	Campo	Tipo	Descrição
Genero	-	-	-	Classe básica que possui os principais gêneros de um filme (ação, aventura, comédia, drama, etc.).
Pais	-	-	-	Classe básica que possui os países (Brasil, Estados

				Unidos, Inglaterra, etc.).
Classe	Subclasse	Campo	Tipo	Descrição
Qualidade	-	-	-	Classe básica que possui as qualidades nas quais os filmes estão disponíveis (HD, SD e LD).
Conteúdo	-	-	-	Classe base, exemplo: filme.
-	Filme	-	-	Subclasse de conteúdo, representa um tipo específico, nesse caso Filme.
-	-	hasAnoValue	Inteiro	Ano em que o filme foi lançado.
-	-	hasAtor	Ator	Atores do filme (um ou mais).
-	-	hasAtriz	Atriz	Atrizes do filme (um ou mais).
-	-	hasDuracaoValue	Inteiro	Duração do filme (em minutos).
-	-	hasGenero	Genero	Gênero do filme (ação, terror, comédia).
-	-	hasIdiomaValue	Idioma	Idioma do filme (pt, en).
-	-	hasNomeValue	Caractere	Nome do filme.
-	-	hasPais	Pais	Pais onde o filme foi produzido (um ou mais).
-	-	hasProdutoraValue	Caractere	Nome da produtora do filme.
-	-	hasQualidade	Qualidade	Qualidade do filme (HD, SD ou LD),

Classe	Subclasse	Campo	Tipo	Descrição
-	-	hasAvaliacaoValue	Real	pode ter um ou mais. Avaliação do filme. Será usado como critério de ordenação para sugerir filmes ao usuário (filmes com melhor avaliação são sugeridos primeiro).
Pessoa	-	hasNomeValue	Caractere	Nome dos objetos do tipo pessoa, essa propriedade é herdada pelas subclasses, no caso de um ator o nome poderia ser "João" no caso de uma atriz "Maria".
-	Ator	-	-	Tipo especializado de pessoa, representa um ator de um filme.
-	Atriz	-	-	Tipo especializado de pessoa, representa uma atriz de um filme.

Fonte: Elaborada pelo autor

5.2.1.2 Ontologia do Usuário

A ontologia do usuário tem como objetivo descrever o perfil dos usuários que se conectam ao servidor. Devido à grande quantidade de dados que podem ser descritos sobre um usuário, o escopo foi limitado a algumas informações consideradas relevantes.

A Tabela 3 detalha as classes da ontologia e o significado de cada campo.

Tabela 3 – OntoDataUsu – Ontologia do usuário

Classe	Subclasse	Campo	Tipo	Descrição
Pessoa	-	hasNomeValue	Caractere	Nome dos objetos do tipo pessoa, essa propriedade é herdada pela subclasses.
-	Usuario	-	-	Representa um usuário do sistema.
-	-	hasLoginValue	Caractere	Login que será usado para autenticar o usuário.
-	-	hasSenhaValue	Caractere	Senha que será usada para autenticar o usuário.
-	-	hasGeneroPreferido	Genero	Genero de filmes preferidos do usuário (um ou mais).
-	-	hasFilmeAssistido	Filme	Armazena os filmes assistidos pelos usuários (nenhum ou mais).
-	-	hasFilmeGostou	Filme	Armazena os filmes que o usuário gostou (qualificou como positivo).

Fonte: Elaborada pelo autor

5.2.1.3 Agentes Autenticadores

O agente autenticador tem como objetivo autenticar o usuário, dessa forma, o usuário informa seu *login* e senha e o agente consulta na ontologia se ele tem permissão para acessar o sistema. Também através da autenticação, é possível reconhecer o perfil do usuário para que o sistema saiba o conteúdo a ser sugerido pelos outros agentes. Para criptografar a senha foi utilizado o algoritmo MD5 (DEITEL, 2002).

A Figura 34 mostra a tela de autenticação do sistema e a Figura 35 mostra o pseudo-código da consulta SPARQL para autenticar o usuário.

Figura 34 – Tela de autenticação do sistema



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 35 – Consulta para autenticar o usuário

```
SELECT ?o
WHERE {
  ?s w:hasNomeValue ?o .
  ?s w:hasSenhaValue :senha .
  ?s w:hasLoginValue :login
}
```

Fonte: Elaborada pelo autor

5.2.1.4 Agentes Consultores

O agente consultor tem como objetivo analisar o perfil do usuário, pesquisar o conteúdo apropriado no servidor e enviar a sugestão do conteúdo para o usuário. No caso do usuário aceitar um conteúdo sugerido, o controle passa para o módulo de

transmissão de conteúdo. O perfil do usuário é atualizado conforme ele vai assistindo conteúdos.

A seguir são apresentados os passos para a montagem da lista de filmes que será sugerida ao usuário:

Passo 1: A Figura 36 mostra a consulta realizada na ontologia do usuário para descobrir quais os seus gêneros de filmes preferidos.

Figura 36 – Consulta gêneros preferidos do usuário

```
SELECT ?o
WHERE {
  ?s w:hasGeneroPreferido ?o .
  ?o w:hasNomeGeneroValue ?n .
  ?s w:hasLoginValue :login
}
```

Fonte: Elaborada pelo autor

Passo 2: Uma vez com a lista de gêneros preferidos do usuário, é selecionada na ontologia do servidor os filmes disponíveis, sendo que eles são ordenadas pela taxa de avaliação. Ou seja, a média das notas dadas de 0 a 10 de todos usuários. A consulta é mostrada na Figura 37.

Figura 37 – Consulta filmes por gêneros

```
SELECT ?o
WHERE {
  ?s w:hasNomeValue ?o .
  ?s w:hasTaxaAvaliacaoValue ?t .
  ?s w:hasGenero ?g .
  ?g w:hasNomeGeneroValue ?n .
  filter (?n = :listaGeneros)
}
order by desc(?t)
```

Fonte: Elaborada pelo autor

Passo 3: A Figura 38 mostra a consulta que lista os filmes que o usuário gostou, ou seja, qualificou como positivos. A partir dessa lista são procurados filmes semelhantes que contenham o mesmo ator, atriz ou gênero.

Figura 38 – Consulta filmes que usuário gostou

```
SELECT ?n
WHERE {
  ?s w:hasFilmeGostou ?o .
  ?o w:hasNomeValue ?n .
}
```

```
?s w:hasLoginValue :login
}
```

Fonte: Elaborada pelo autor

Passo 4: A partir da lista de filmes que o usuário gostou são extraídos os gêneros, as atrizes e os atores dos filmes, que o usuário gostou conforme é mostrado na Figura 39.

Figura 39 – Consulta gênero, atriz e ator do filme que o usuário gostou

```
SELECT ?n WHERE {
  ?s w:hasNomeValue ?o .
  ?s w:hasGenero ?g .
  ?g w:hasNomeGeneroValue ?n .
  filter ( ?o = :listaFilmes ) }
=====
SELECT ?n WHERE {
  ?s w:hasAtriz ?g .
  ?s w:hasNomeValue ?f .
  ?g w:hasNomeValue ?n .
  filter ( ?f = :listaFilmes ) }
=====
SELECT ?n WHERE {
  ?s w:hasAtriz ?g .
  ?s w:hasNomeValue ?f .
  ?g w:hasNomeValue ?n .
  filter ( ?f = :listaFilmes ) }
```

Fonte: Elaborada pelo autor

Passo 5: A partir da lista de atrizes, atores e gêneros dos filmes que o usuário gostou, são extraídos os filmes semelhantes. As consultas são mostradas na Figura 40.

Figura 40 – Consulta filmes semelhantes aos que o usuário gostou

```
SELECT ?n
WHERE {
  ?s ?p w:Filme .
  ?s w:hasNomeValue ?n .
  ?s w:hasAtriz ?a .
  ?a w:hasNomeValue ?o .
  filter ( ?o = :listaAtrizes)
}
=====
SELECT ?n
WHERE {
  ?s ?p w:Filme .
  ?s w:hasNomeValue ?n .
  ?s w:hasAtriz ?a .
  ?a w:hasNomeValue ?o .
  filter ( ?o = :listaAtores)
}
=====
```

```

SELECT ?o
WHERE {
  ?s w:hasNomeValue ?o .
  ?s w:hasTaxaAvaliacaoValue ?t .
  ?s w:hasGenero ?g .
  ?g w:hasNomeGeneroValue ?n .
  filter (?n = :listaGeneros)
}
order by desc(?t)

```

Fonte: Elaborada pelo auto

Passo 6: A sugestão é enviada ao usuário, sendo que ele pode aceitar uma das sugestões ou não. No caso do aceite, o filme é transmitido ao usuário, conforme mostra a Figura 41, e a ontologia do usuário é atualizada com o filme assistido conforme o código-fonte da Figura 42.

Figura 41 – Usuário assistindo o filme



Fonte: Elaborada pelo auto

Figura 42 – Atualiza o perfil do usuário com filme assistido

```

INSERT DATA {
  w: :usuario
  w:hasFilmeAssistido
  w: :filme
}

```

Fonte: Elaborada pelo autor

Além disso, pode-se observar na Figura 41 que existe a opção do usuário “curtir” o filme. Dessa forma, o sistema atualiza a ontologia dinamicamente e, na próxima vez que o sistema sugerir um conteúdo, essa qualificação positiva é levada em consideração para encontrar filmes semelhantes. O pseudocódigo que atualiza a ontologia com o filme que o usuário gostou é mostrado na Figura 43.

Figura 43 – Atualiza perfil usuário com filme que ele gostou

```
INSERT DATA {  
  w: :usuario  
  w:hasFilmeGostou  
  w: :filme  
}
```

Fonte: Elaborada pelo autor

5.2.2 Módulo Transmissão Conteúdo

Esse módulo contém os agentes de *software* que irão coordenar as metaheurísticas para otimizar o conteúdo que é transmitido de acordo com o número de usuários conectados no servidor de aplicações multimídia e de acordo com os perfis dos usuários conectados.

5.2.2.1 Agente Coordenador

O agente coordenador tem como objetivo acionar os agentes otimizadores para executar as metaheurísticas. Ao final, o agente coordenador recebe o resultado que cada agente otimizador encontrou, dessa forma, o agente coordenador pode optar pelo melhor resultado e repassar essa informação para ser usada pelo servidor de aplicações multimídia para enviar o conteúdo otimizado aos usuários.

5.2.2.2 Agente Otimizador – Algoritmo Genético

A população inicial do Algoritmo Genético (AG) possui um tamanho variado de acordo com o experimento abordado, sendo gerado aleatoriamente. O processo de seleção é feito através de torneio, para isso, ordena-se a população do melhor para o pior indivíduo, depois, divide-se a população ao meio e gera-se um número aleatório entre 0 e 100. Caso o número seja menor ou igual que 75 são escolhidos dois indivíduos aleatoriamente da parte superior da população, ou seja, a parte dos indivíduos mais aptos. No caso do número sorteado ser maior que 75 é sorteado um indivíduo da parte superior da população (mais apto) e um indivíduo da parte inferior da população (menos apto).

A vantagem desse método é que se dá chance de um indivíduo não tão apto ser combinado com um indivíduo mais apto. Essa estratégia pode levar o algoritmo a áreas ainda não exploradas e ao longo das gerações melhorar o valor da FO.

O critério de parada do AG é o número de gerações. O operador de cruzamento, que é responsável por combinar as informações genéticas dos pais para gerar indivíduos filhos, será usado com probabilidades variadas. Uma vez que trabalhou-se com números reais, optou-se por usar cruzamento aritmético. Nesse caso, após selecionar os indivíduos pais é aplicada a equação do cruzamento aritmético respeitando o cruzamento entre os mesmos tipos de transmissão, evitando dessa forma soluções inviáveis.

O operador de mutação, que tem como objetivo manter a diversidade da população, tem probabilidade variada, de acordo com o experimento e foi utilizada a mutação uniforme. Como foram utilizados número reais, o operador é aplicado em todo o cromossomo.

A Tabela 4 representa a estrutura do cromossomo. As linhas representam os tipos de transmissão de vídeo (LD, P1, SD, P2 e HD) e áudio (Áudio Estéreo e Áudio 5.1). As colunas representam a quantidade de clientes conectados sendo que esse número pode ser variável de um tipo de vídeo para o outro. No caso do áudio, cada cliente recebe ou áudio estéreo ou áudio 5.1.

Tabela 4 – Representação do Cromossomo

Sinal de Vídeo (Mbit/s)						
	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente N		
LD	0,619	0,840	0,611	...		
	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6	Cliente N		
P1	1,441	1,452	1,387	...		
	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9	Cliente N		
SD	2,348	2,482	2,956	...		
	Cliente 10	Cliente 11	Cliente 12	Cliente N		
P2	5,017	5,107	5,042	...		
	Cliente 13	Cliente 14	Cliente 15	Cliente N		
HD	10,911	10,381	10,000	...		
Sinal de Áudio (Mbit/s)						
	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente N
ST	0,169	0,188	0,207	0,212	0,218	...
	Cliente 6	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9	Cliente 10	Cliente N
A51	0,689	0,527	0,769	0,664	0,506	...
	Cliente 11	Cliente 12	Cliente 13	Cliente 14	Cliente 15	Cliente N
A51	0,525	0,386	0,794	0,823	0,699	...

Fonte: Elaborada pelo autor

5.2.2.3 Agente Otimizador – Busca Tabu

A solução inicial viável usada para dar início à Busca Tabu (TB) é gerada aleatoriamente. O tamanho da lista tabu é variado de acordo com o experimento. O critério de aspiração usado é por melhora da FO, ou seja, mesmo que um movimento seja tabu, ele será aceito se melhorar o valor atual da FO.

A vizinhança da BT é gerada através da substituição aleatória de uma posição da solução, sendo que na posição sorteada é gerada uma nova solução aleatória viável. Essa substituição é feita para cada tipo de transmissão e a cada 10 clientes. Caso existam 20 clientes, serão duas substituições para cada tipo de transmissão e assim sucessivamente. A Tabela 5 representa a estrutura da solução da BT. Nesse caso tem-se 3 clientes de cada tipo (LD, P1, SD, P2 e HD), os pontos em cinza representam as posições aleatórias sorteadas para gerar as soluções vizinhas.

Tabela 5 – Exemplo geração vizinhança

Sinal de Vídeo (Mbit/s)						
	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente N		
LD	0,619	0,840	0,611	...		
	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6	Cliente N		
P1	1,441	1,452	1,387	...		
	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9	Cliente N		
SD	2,348	2,482	2,956	...		
	Cliente 10	Cliente 11	Cliente 12	Cliente N		
P2	5,017	5,107	5,042	...		
	Cliente 13	Cliente 14	Cliente 15	Cliente N		
HD	10,911	10,381	10,000	...		
Sinal de Áudio (Mbit/s)						
	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente N
ST	0,169	0,188	0,207	0,212	0,218	...
	Cliente 6	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9	Cliente 10	Cliente N
A51	0,689	0,527	0,769	0,664	0,506	...
	Cliente 11	Cliente 12	Cliente 13	Cliente 14	Cliente 15	Cliente N
A51	0,525	0,386	0,794	0,823	0,699	...

Fonte: Elaborada pelo autor

A cada iteração da BT serão gerados n vizinhos, sendo que o melhor deles passa a ser a solução atual. A partir dessa nova solução, são gerados novos vizinhos e assim sucessivamente.

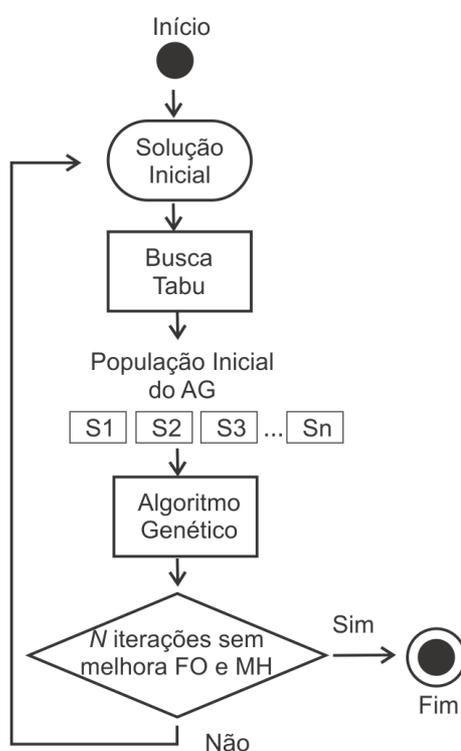
O critério de parada é o número máximo de iterações sem melhora. Isso significa que o resultado da BT será transmitido para o agente otimizador e esse por sua vez passará o resultado para o agente coordenador das otimizações.

5.2.2.4 Agente Otimizador – Algoritmo Híbrido

Além do Algoritmo Genético (AG) e da Busca Tabu (BT), foi implementado um Algoritmo Híbrido (AH). O AH foi desenvolvido utilizando as técnicas da BT e do AG com o objetivo de encontrar uma melhor solução. No AH também foi levada em consideração a Média Harmônica (MH) a cada troca de informação entre o AG e a BT. Dessa forma, o primeiro critério de avaliação para escolher a melhor solução é o valor da FO e caso exista mais alguma solução com o mesmo valor de FO, é considerada a solução que possui o maior valor de MH.

A Figura 44 mostra a arquitetura do Algoritmo Híbrido.

Figura 44 – Arquitetura do Algoritmo Híbrido



Fonte: Elaborada pelo autor

Após uma solução inicial aleatória ser gerada, é executada a BT até que o critério de parada seja satisfeito, ou seja, até que o Nbmax chegue a 100. Após isso, as 30 melhores soluções encontradas são passadas para o AG, caso não sejam encontradas 30 soluções, as demais soluções são geradas aleatoriamente. O AG executa até que o critério de parada seja satisfeito, ou seja, 100 gerações. Nesse momento, o AG envia a melhor solução para a BT que a partir dessa nova solução inicial inicia o processamento novamente. O envio de informações do AG para a BT

ocorre até que sejam atingidas 20 trocas de informações sem melhorar o valor da FO e da MH.

5.2.2.5 Formulação Matemática da Otimização

Nessa seção será apresentada a Função Objetivo (FO) e as restrições relacionadas à FO. Para cada variável de decisão da FO será apresentado o intervalo de valores viáveis definido em Mbit/s. O resultado da formulação é ter o melhor aproveitamento e distribuição possível da Largura de Banda (LB) da emissora para poder atender um número variado de clientes conectados ao serviço. Esse problema pode ser visto como Problema de Seleção de Partes que é classificado como NP-Completo (PAPAIOANNOU, 2008).

$$\text{MAX FO} = \alpha \left(\sum_{n=1}^{nLD} vLD_{[n]} \right) + \beta \left(\sum_{n=1}^{nSD} vSD_{[n]} \right) + \gamma \left(\sum_{n=1}^{nHD} vHD_{[n]} \right) + \delta \left(\sum_{n=1}^{nP1} vP1_{[n]} \right) + \omega \left(\sum_{n=1}^{nP2} vP2_{[n]} \right) + \theta \left(\sum_{n=1}^{nST} aST_{[n]} \right) + \rho \left(\sum_{n=1}^{n51} a51_{[n]} \right) \quad (6)$$

Sujeito a:

$$0,01 \leq vLD \leq 1,00 \quad (7)$$

$$1,00 \leq vP1 \leq 2,00 \quad (8)$$

$$2,00 \leq vSD \leq 5,00 \quad (9)$$

$$5,00 \leq vP2 \leq 10,00 \quad (10)$$

$$10,00 \leq vHD \leq 18,00 \quad (11)$$

$$0,096 \leq aST \leq 0,256 \quad (12)$$

$$0,384 \leq a51 \leq 1,00 \quad (13)$$

$$LB = 500 \quad (14)$$

$$\alpha + \delta + \beta + \omega + \gamma + \theta + \rho > 0 \quad (15)$$

$$nLD, nSD, nHD, nP1, nP2, nST, n51 \in \mathbb{Z}^+ \quad (16)$$

$$\left(\sum_{n=1}^{nLD} vLD_{[n]}\right) + \left(\sum_{n=1}^{nSD} vSD_{[n]}\right) + \left(\sum_{n=1}^{nHD} vHD_{[n]}\right) + \left(\sum_{n=1}^{nP1} vP1_{[n]}\right) + \left(\sum_{n=1}^{nP2} vP2_{[n]}\right) + \left(\sum_{n=1}^{nST} aST_{[n]}\right) + \left(\sum_{n=1}^{n51} a51_{[n]}\right) \leq LB \quad (17)$$

Onde:

- LB = largura de banda total da emissora em Mbit/s;
- vLD = qualidade de vídeo LD em Mbit/s;
- vSD = qualidade de vídeo SD em Mbit/s;
- vHD = qualidade de vídeo HD em Mbit/s;
- aST = qualidade de áudio estéreo em Mbit/s;
- a51 = qualidade de áudio multicanal 5.1 em Mbit/s;
- nLD = número de clientes conectados como LD em Mbit/s;
- nSD = número de clientes conectados como SD em Mbit/s;
- nHD = número de clientes conectados como HD em Mbit/s;
- nP1 = número de clientes conectados como P1 em Mbit/s;
- nP2 = número de clientes conectados como P2 em Mbit/s;
- nST = número de clientes conectados com áudio estéreo em Mbit/s;
- n51 = número de clientes conectados com áudio multicanal 5.1 em Mbit/s;
- α = nível de importância da transmissão LD;
- β = nível de importância da transmissão SD;
- γ = nível de importância da transmissão HD;
- δ = nível de importância da transmissão P1;
- ω = nível de importância da transmissão P2;
- θ = nível de importância da transmissão Áudio Estéreo;

- ρ = nível de importância da transmissão Áudio Multicanal 5.1;
- Todas variáveis de decisão aceitam números reais.

É possível observar através da formulação matemática da equação que o gargalo do sistema é a Largura de Banda (LB) disponível na emissora. Como esse recurso é limitado, e possui um alto custo, ele deve ser aproveitado da melhor forma possível.

As restrições são garantidas pelas equações de (7) a (17).

As equações (7) a (13) restringem os intervalos de valores mínimos e máximos para a Qualidade de Vídeo (QV) e para a Qualidade de Áudio (QA). Esses intervalos são definidos conforme a norma estabelecida pelo (CPqD, 2006) de acordo com o tipo de transmissão SD, LD, HD, P1 e P2.

A equação (14) restringe a Largura de Banda (LB) disponível no servidor de aplicações multimídia da emissora.

Na equação (15) são definidos os parâmetros α , β , γ , δ , ω , θ , ρ que devem ser maior que zero. Eles são importantes quando se deseja definir uma prioridade para um determinado tipo de transmissão. Isso pode ser importante quando o sistema se apresenta congestionado, com um grande número de clientes conectados. Nesse caso, pode-se dar prioridade, por exemplo, a transmissão SD que consome uma largura de banda menor que a HD.

A equação (16) é usada para definir um número variado de clientes, para realizar experimentos e verificar até onde o servidor de aplicações multimídia conseguirá atender os clientes com qualidade dentro do mínimo estabelecido.

Na equação (17) é definido que o somatório da Qualidade de Vídeo LD, SD, HD, P1 e P2, somando com Qualidade de Áudio ST (estéreo) e Qualidade de Áudio 5.1, não deve ultrapassar a Largura de Banda (LB) disponível no servidor de aplicações multimídia.

Os parâmetros de mínimo e máximo para as variáveis Qualidade de Áudio (aST e a51) foram estabelecidos dentro do intervalo de 0,096 até 1Mbit/S, conforme a norma estabelecida pelo (CPqD, 2006) que define o fluxo de áudio entre o

intervalo de 0,096 Mbit/s e 0,256 Mbit/ss para transmissão estéreo e de 0,384 Mbit/s até 1Mbit/s para Áudio Multicanal 5.1.

Já o parâmetro de Qualidade de Vídeo (QV) foi definido conforme a norma definida pelo (CPqD, 2006) que define a taxa de transmissão mínima para cada tipo de qualidade de vídeo.

6 Validação e Experimentos

Nesse capítulo serão detalhadas as validações e os experimentos que foram realizados para validar o sistema proposto. A validação foi dividida em duas partes, uma parte para validar o módulo de sugestão de conteúdo e a outra para validar o módulo de transmissão de conteúdo.

6.1 Módulo Sugestão Conteúdo

A validação do sistema de sugestão de conteúdo implementado é feita através das métricas *Precision* e *Recall*. No contexto de sistemas de recomendação, se diz que *Precision* é a relação entre o número de conteúdos que o usuário considera relevante e o número de conteúdos recomendados. Já a métrica *Recall* é uma medida do número de conteúdos recomendados (CAZELLA et al. 2009). As equações (19) e (18) representam as métricas, respectivamente,

$$Precision = \frac{|RA|}{A}, \quad (18)$$

$$Recall = \frac{|RA|}{R}, \quad (19)$$

onde RA é número de conteúdos relevantes recomendados pelo sistema, A é número de conteúdos recomendados pelo protótipo, levando-se em conta os positivos e os falsos positivos e R é o número de conteúdos totais que deveriam ser recomendados.

No planejamento dos experimentos, primeiramente o sistema foi testado com dez usuários onde foram aplicadas as métricas para validar quantitativamente os resultados do sistema de sugestão. O perfil de formação dos usuários são dois com mestrado, cinco com graduação completa e três com graduação incompleta.

Depois disso, foram cadastrados outros usuários onde foi feita uma comparação qualitativa com outros *sites* de recomendação de filmes.

6.1.1 Validação Quantitativa

A Tabela 6 mostra a lista de usuários que foram utilizados para validar e aplicar a métrica. A primeira coluna representa o usuário, na segunda coluna são apresentados os gêneros preferidos que o usuário informou. Na terceira coluna são mostrados os filmes que o usuário qualificou como positivos, ou seja, que ele gostou. Já na quarta coluna consta o número máximo de sugestões que o sistema tem capacidade de recomendar de acordo com os filmes cadastrados na ontologia.

Tabela 6 – Lista de Usuários

Usuário	Gêneros Preferidos	Filmes que Gostou	R*
U1	Ação Comédia	Velozes e Furiosos Recém Casados	9
U2		Assédio	5
U3		Roubando Vidas	1
U4	Drama, Suspense, Terror		15
U5		Alma Perdida Carandiru	8
U6	Ação, Aventura, Comédia, Drama		20
U7		O Mentiroso	4
U8			31
U9	Terror		5
U10	Drama	Senhor e Senhora Smith	9

* Número de filmes totais que deveriam ser recomendados

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 7 mostra o resultado da validação aplicando as métricas *Recall* e *Precision* nas recomendações geradas pelo sistema. A primeira coluna apresenta a identificação do usuário. A segunda coluna apresenta a quantidade máxima possível de sugestões que o sistema consegue gerar. A terceira coluna apresenta o número de sugestões que o sistema de recomendação efetivamente conseguiu gerar. A

quarta coluna apresenta o número de filmes relevantes que o sistema recomendou, segundo o usuário.

Tabela 7 – Métrica aplicada às sugestões do sistema

Usuário	R (sugestões possíveis)	A (sugestões protótipo)	RA (relevante)	Recall	Precision
U1	9	8	7	0,78	0,88
U2	5	4	2	0,40	0,50
U3	1	1	1	1,00	1,00
U4	15	15	6	0,40	0,40
U5	8	5	4	0,50	0,80
U6	20	20	7	0,35	0,35
U7	4	4	3	0,75	0,75
U8	31	31	5	0,16	0,16
U9	5	5	5	1,00	1,00
U10	9	5	5	0,56	1,00
Média	-	-	-	0,59	0,68

Fonte: Elaborada pelo autor

Para 7 usuários, é possível afirmar que o protótipo conseguiu recomendar de maneira apropriada filmes, pois o fator de precisão *Precision* foi maior ou igual a 50%. A média do fator de precisão *Precision* foi de 68%. O fator *Recall*, que tem como capacidade avaliar a capacidade de recomendação do sistema, ficou com valor médio de 59%.

Na Tabela 7 também é possível observar que o usuário 3 tem apenas uma sugestão, pois o filme assistido não havia sido classificado em nenhum gênero, o que impediu que o sistema buscasse outros semelhantes. Já o usuário 8 recebeu um grande número de sugestões o que acabou acarretando em um número menor de precisão. Isso se deve ao fato desse usuário não ter assistido nenhum filme, além de não ter especificado um gênero preferido.

6.1.2 Avaliação Qualitativa

Além da validação quantitativa, citada na seção anterior, também foi feita uma avaliação qualitativa onde é feita uma análise dos requisitos para verificar se o

sistema está sugerindo conteúdo corretamente de acordo com o perfil do usuário. Também é feito um comparativo com os sites *Cinedica* e *Jinni* onde foram cadastrados perfis semelhantes para comparar os resultados. Foram criados quatro perfis de usuários com gostos diferentes sobre filmes, também foram cadastrados vários filmes, gêneros, atrizes e atores de modo que o perfil do usuário possa ser cruzado com o banco de dados dos filmes.

Os requisitos são que o sistema sugira o conteúdo de acordo com os gêneros preferidos dos usuários. Além disso, o sistema deve ser capaz de encontrar filmes similares àqueles que usuário qualificou como positivo. A ordem que a sugestão deve ser enviada é a taxa de avaliação, sendo que quanto maior a taxa de avaliação do filme maior a probabilidade dele ser sugerido ao usuário. Caso o usuário não tenha gênero preferido, a sugestão é aleatória dando-se preferência aos filmes com maior taxa de avaliação. Os filmes assistidos são armazenados no perfil do usuário, portanto, não haverá problema de sugerir filmes que já tenham sido assistidos.

A Tabela 8 mostra uma lista de filmes cadastrados e a taxa de avaliação de cada filme. A taxa de avaliação é calculada através da média das notas dadas de 0 a 10 de todos usuários. Para se garantir uma probabilidade maior para filmes novos, eles recebem uma taxa de avaliação igual a 0,5.

Tabela 8 – Lista de Filmes

Gênero	Nome do Filme	Atriz / Ator	Taxa de Avaliação
Ação	Senhor e Senhora Smith	Angelina Jolie Brad Pitt	0,9875
Ação	Matrix		0,9764
Ação	Duro de Matar		0,7645
Ação	Velozes e Furiosos		0,1864
Ação	O Exterminador do Futuro		0,1546
Aventura	O Código de Da Vinci		0,9356
Aventura	A Lenda do Tesouro Perdido		0,8654
Aventura	De Volta para o Futuro		0,2654
Aventura	O Enigma da Pirâmide		0,1456
Aventura	O Retorno da Múmia		0,0654
Comédia	Ace Aventura	Jim Carrey	0,9526
Comédia	Recém Casados		0,7325
Comédia	Todo Poderoso		0,6963
Comédia	Se Beber Não Case		0,4783
Comédia	O Mentiroso	Jim Carrey	0,2468
Drama	Assim é a Vida		0,9857

Drama	Carandiru		0,8974
Drama	Assédio		0,5795
Drama	Cão sem Dono		0,0548
Suspense	A Cor da Noite		0,8793
Suspense	A Cela		0,7659
Suspense	A Casa dos Pássaros Mortos		0,6741
Suspense	O Silêncio dos Inocentes		0,4367
Suspense	12 Horas Para Viver		0,2499
Terror	Alma Perdida		0,9636
Terror	Gritos Mortais		0,6367
Terror	A Bolha		0,6346
Terror	Sexta-Feira Treze Parte I		0,2448
Terror	Anjos da Morte		0,1483
-	Roubando Vidas	Angelina Jolie	0,5435

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 9 mostra o perfil do usuário do primeiro experimento. Cadastrou-se o usuário João que têm os gêneros preferidos Ação e Comédia. Além disso, ele já assistiu os filmes Velozes e Furiosos e Recém Casados sendo que ele qualificou como positivo ambos os filmes.

Tabela 9 – Usuário João

Usuário	Gêneros Preferidos	Filmes Assistidos	Filmes que Gostou
João	Ação Comédia	Velozes e Furiosos Recém Casados	Velozes e Furiosos Recém Casados

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 10 mostra os filmes que o sistema sugeriu para o usuário João. Pode-se observar que as sugestões foram de filmes dos gêneros que o usuário gosta, ou seja, de ação e comédia. A ordem das sugestões respeita a taxa de avaliação dos filmes, além disso, o sistema não enviou sugestões de filmes que já haviam sido assistidos pelo usuário.

Tabela 10 – Lista de Sugestões para Usuário João

Usuário	Filmes Sugeridos	Taxa de Avaliação
João	Senhor e Senhora Smith	0,9875
João	Matrix	0,9764
João	Ace Aventura	0,9526

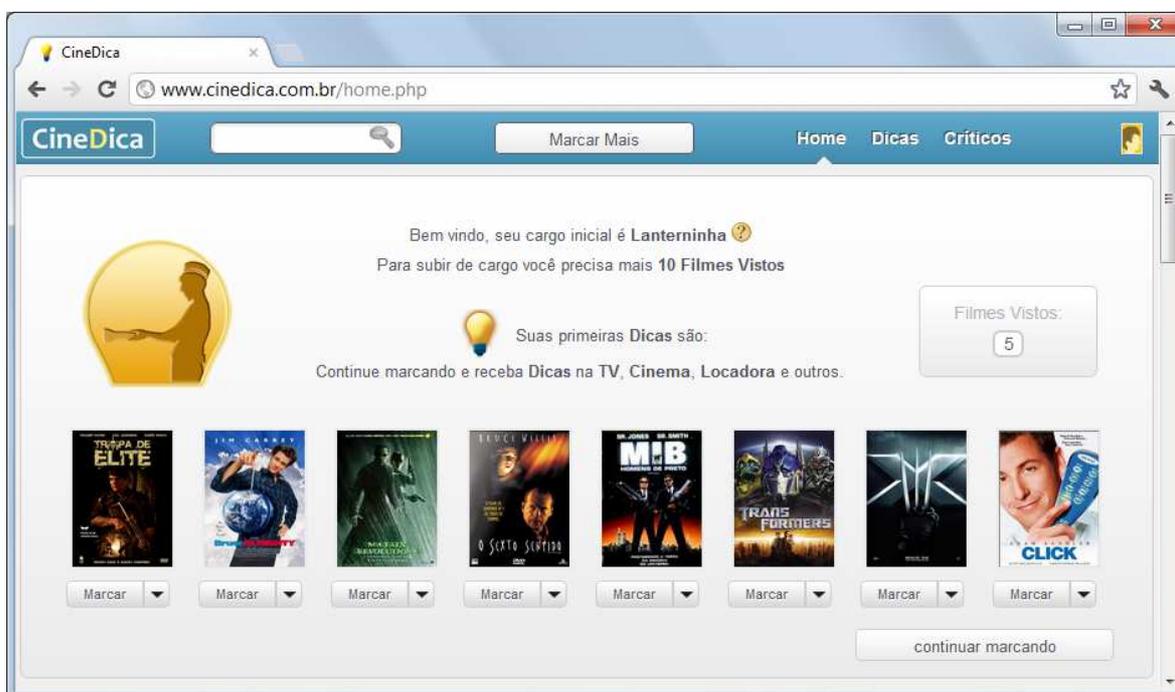
João	Duro de Matar	0,7645
João	Todo Poderoso	0,6963
João	Se Beber Não Case	0,4783

Fonte: Elaborada pelo autor

Para avaliar as sugestões, fez-se uma comparação com o site de sugestões de filmes *Cinedica* (CINEDICA, 2012). Após o cadastro, qualificou-se como positivo cinco filmes do gênero ação e comédia. Após isso, obteve-se uma lista de sugestões de filmes conforme é mostrado na Figura 45.

Pode-se observar que o *Cinedica* recomendou oito filmes, utilizando uma estratégia semelhante àquela implementada nesse trabalho. Ou seja, tanto a recomendação do sistema proposto, quanto a recomendação do *Cinedica*, foi de gêneros de filmes semelhantes àqueles que o usuário gostou no passado. Os filmes recomendados no *Cinedica* foram Tropa de Elite (Ação), Todo Poderoso (Comédia), Matrix (Ação/Ficção), O Sexto Sentido (Suspense), Homens de Preto (Ação/Comédia), Transformers (Ação/Ficção), X-Men (Ação/Ficção), Click (Comédia).

Figura 45 – Tela de Sugestões do *Cinedica*



Fonte: Cinedica (2012)

A Tabela 11 mostra o perfil do usuário do segundo experimento. Cadastrou-se o usuário André que tem o gênero preferido Ação. Além disso, ele já assistiu o filme Senhor e Senhora Smith o qual qualificou como positivo.

Tabela 11 – Usuário André

Usuário	Gêneros Preferidos	Filmes Assistidos	Filmes que Gostou
André	Ação	Senhor e Senhora Smith	Senhor e Senhora Smith

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 12 mostra os filmes que o sistema sugeriu para o usuário André. Pode-se observar que as sugestões foram de filmes do gênero que o usuário gosta, ou seja, de ação. A ordem das sugestões respeita a taxa de avaliação dos filmes e o grau de similaridade, além disso, o sistema recomendou o filme Roubando Vidas, que no cadastro não tem classificação, dessa forma, ele possui similaridade mais baixa e é sugerido por último.

Isso foi possível, pois o sistema analisou o perfil do usuário e descobriu que ele qualificou como positivo o filme Senhor e Senhora Smith, que por sua vez tem no elenco a atriz Angelina Jolie. Dessa forma, o sistema encontrou o filme Roubando Vidas na qual a mesma atriz também faz parte do elenco.

Tabela 12 – Lista de Sugestões para Usuário André

Usuário	Filmes Sugeridos	Taxa de Avaliação
André	Matrix	0,9764
André	Duro de Matar	0,7645
André	Velozes e Furiosos	0,1864
André	O Exterminador do Futuro	0,1546
André	Roubando Vidas	0,5435

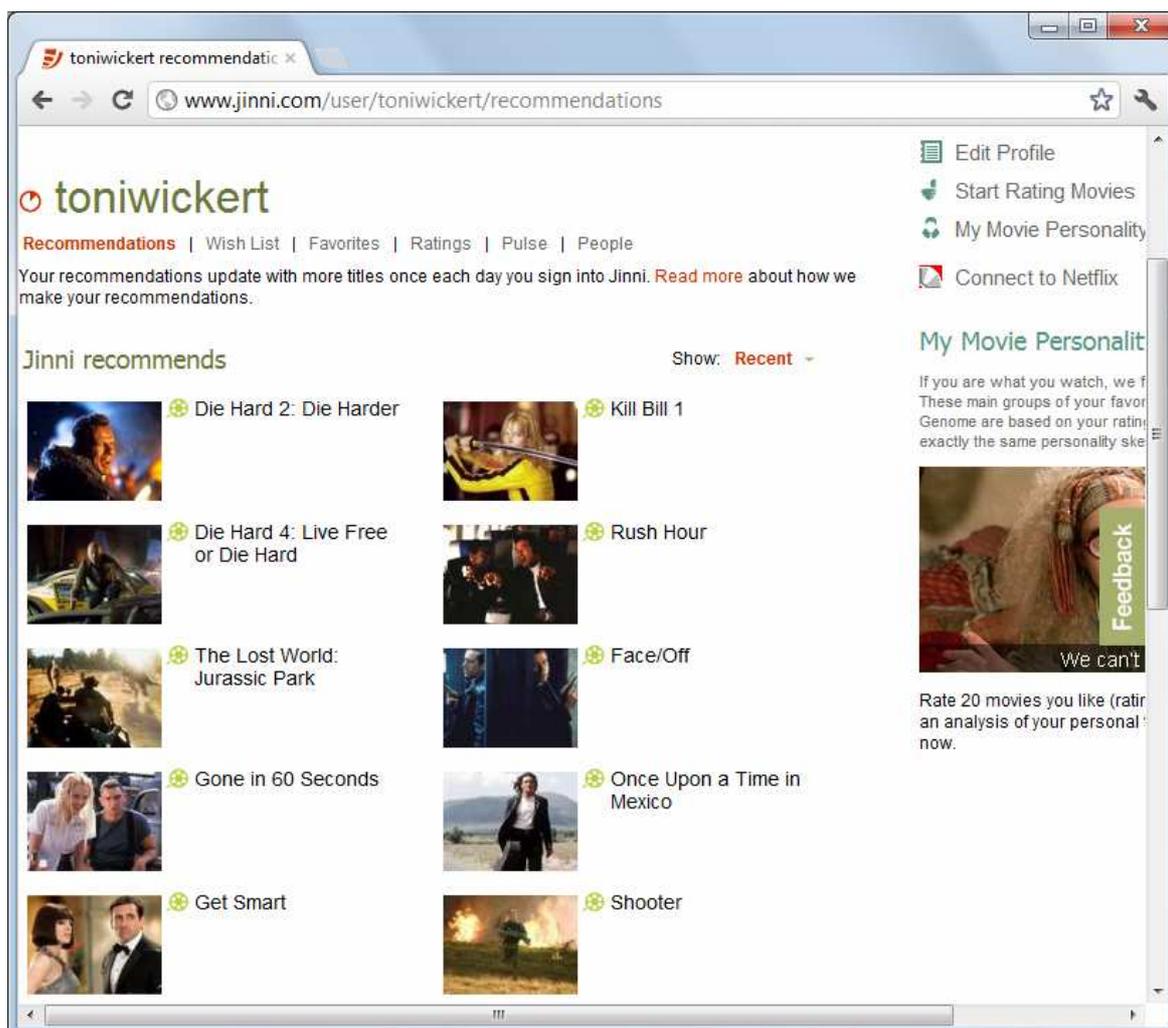
Fonte: Elaborada pelo autor

Nesse caso, para avaliar as sugestões, fez-se uma comparação com o site de sugestões de filmes *Jinni* (JINNI, 2012). Após o cadastro, qualificou-se dez filmes do gênero ação. Após isso, obteve-se uma lista de sugestões de filmes conforme é mostrado na Figura 46.

Pode-se observar que o *Jinni* recomendou dez filmes similares àqueles qualificados como positivos pelo usuário. Novamente, o gênero do filme foi levado em consideração pelo sistema recomendador. Os filmes recomendados no *Jinni* foram Duro de Matar 2 (Ação), *Kill Bill* (Ação), Duro de Matar 4 (Ação), *A Hora do Rush!* (Ação), Parque dos Dinossauros – O Mundo Perdido (Ação/Aventura), *A Outra Face* (Ação), 60 Segundos (Ação), *Era Uma Vez no México* (Ação), *Agente 86* (Aventura/Comédia), *Atirador* (Ação).

Pode-se observar que da lista de dez sugestões nove foram do mesmo gênero qualificado como positivo e apenas um foi de gênero diferente (Aventura/Comédia). Esse resultado é semelhante à implementação do algoritmo desse trabalho, onde quatro filmes do gênero de ação e um filme sem classificação de gênero foram sugeridos.

Figura 46 – Tela de Sugestões do *Jinni*



Fonte: Jinni (2012)

Além dos experimentos realizados para a avaliação do sistema, conforme foi mostrado nas duas seções anteriores, também foram realizados outros experimentos para analisar o comportamento do sistema com diferentes perfis de usuários.

A Tabela 13 mostra os perfis criados para os usuários Maria e Paulo.

Tabela 13 – Tabela de usuários Maria e Paulo

Usuário	Gêneros Preferidos	Filmes Assistidos
Maria	Terror Drama Aventura	Anjos da Morte Assim é a Vida A Lenda do Tesouro Perdido O Mentiroso
Paulo	Ação Aventura Comédia Suspense Terror	-

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 14 mostra a lista de sugestões que o sistema gerou para cada usuário. Pode-se observar que o sistema respeitou os gêneros preferidos de cada usuário, sendo que a ordem que as sugestões são enviadas é baseada na taxa de avaliação do filme.

Tabela 14 – Lista de sugestões para Maria e Paulo

Usuário	Filmes Sugeridos	Taxa de Avaliação
Maria	Alma Perdida	0,9636
Maria	O Código Da Vinci	0,9356
Maria	Carandiru	0,8974
Maria	Gritos Mortais	0,6367
Maria	A Bolha	0,6346
Maria	Assédio	0,5795
Maria	De Volta Para o Futuro	0,2654
Maria	Sexta Feira 13 Parte I	0,2448
Maria	O Enigma da Pirâmide	0,1456
Maria	O Retorno da Múmia	0,0654
Maria	Cão Sem dono	0,0548
Paulo	Senhor e Senhora Smith	0,9875

Paulo	Assim é a Vida	0,9857
Paulo	Matrix	0,9764
Paulo	Alma Perdida	0,9636
Paulo	Ace Ventura	0,9526
Paulo	O Código Da Vinci	0,9356
Paulo	Carandiru	0,8974
Paulo	A Cor da Noite	0,8793
Paulo	A Lenda do Tesouro Perdido	0,8654
Paulo	A Cela	0,7659
Paulo	Duro de Matar	0,7645
Paulo	Recém Casados	0,7325
Paulo	Todo Poderoso	0,6963
Paulo	A Casa dos Pássaros Mortos	0,6741
Paulo	Gritos Mortais	0,6367
Paulo	A Bolha	0,6346
Paulo	Assédio	0,5795
Paulo	Se Beber Não Case	0,4783
Paulo	O Silêncio dos Inocentes	0,4367
Paulo	De Volta Para o Futuro	0,2654
Paulo	12 Horas Para Viver	0,2499
Paulo	O Mentiroso	0,2468
Paulo	Sexta Feira 13 Parte I	0,2448
Paulo	Velozes e Furiosos	0,1864
Paulo	O Exterminador do Futuro	0,1546
Paulo	Anjos da Morte	0,1483
Paulo	O Enigma da Pirâmide	0,1456
Paulo	O Retorno da Múmia	0,0654
Paulo	Cão Sem dono	0,0548
Paulo	Roubando Vidas	0,5435

Fonte: Elaborada pelo autor

6.2 Experimentos e Validação do Módulo Transmissão Conteúdo

A validação dos experimentos para o módulo de transmissão de conteúdo foi feita através de uma métrica. A métrica definida foi a Média Harmônica (MA) da distribuição do *link* de internet disponível no servidor de aplicações multimídia da emissora. Ou seja, quanto maior a média harmônica, melhor será a qualidade da solução encontrada pela metaheurística, uma vez que o *link* de internet foi distribuído de forma uniforme entre todos os clientes conectados. Conforme mostra a equação (20).

$$H = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}, \quad x_i > 0 \text{ para todo } i, \quad (20)$$

onde n é o número de elementos e x_i o valor de cada elemento.

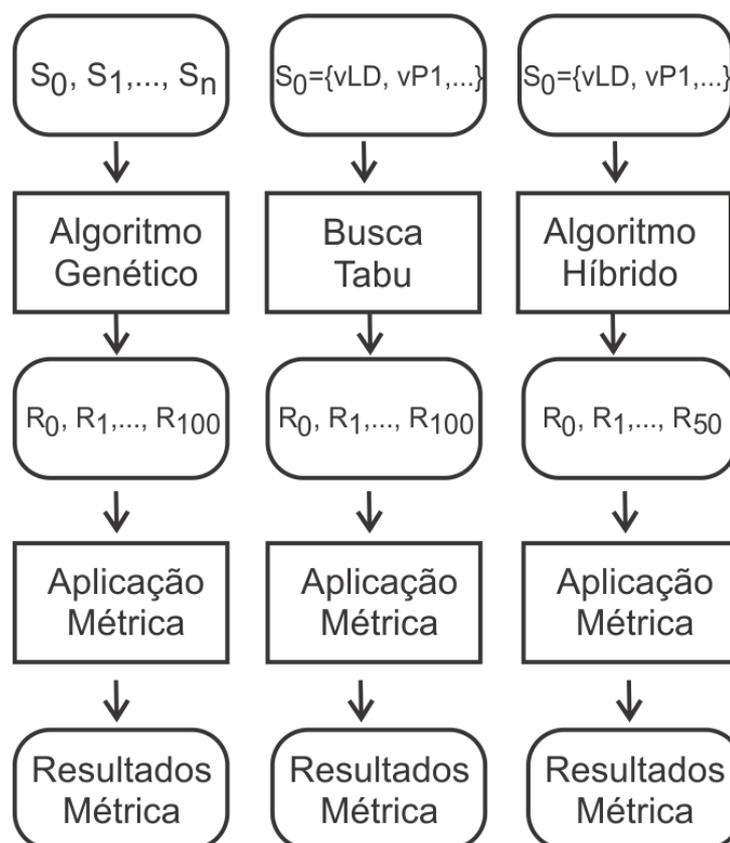
Para exemplificar, no contexto desse trabalho, supõe-se que existe um servidor com um *link* de 10 Mbit/s e que temos dois clientes conectados. Em um primeiro cenário um cliente recebe a transmissão a 1 Mbit/s e o segundo cliente recebe a transmissão a 9 Mbit/s, nesse caso se calcularmos a Média Harmônica (MH) teremos um valor de 1,8 Mbit/s, o que corresponde a um resultado ruim, pois houve uma má distribuição do *link* de internet disponível.

Por outro lado, a situação ideal seria que o primeiro e o segundo cliente recebessem sinal de transmissão a 5 Mbit/s, nesse caso a Média Harmônica seria de 5 Mbit/s, o que corresponde a um bom resultado, pois houve uma boa distribuição do *link* de internet disponível.

Os experimentos foram planejados, sendo que primeiro foi feita a normalização dos pesos da Função Objetivo (FO) para evitar soluções tendenciosas. Depois, os experimentos foram feitos com problema de pequena escala (15 e 30 clientes), passando por problemas de média escala (1000 clientes) e, por fim, a robustez das metaheurísticas implementadas foram testadas com um problema de larga escala (15 mil clientes).

A Figura 47 mostra o planejamento que foi utilizado para realizar os experimentos e a validação dos resultados. Com exceção do experimento com 15 mil clientes, onde os experimentos foram executados 50 vezes, nos demais casos ocorreram 100 execuções. Em todas as etapas dos experimentos foi aplicada a métrica para validar a solução e comparar a qualidade da solução gerada pelo Algoritmo Genético, Busca Tabu e o Algoritmo Híbrido.

Figura 47 – Planejamento para experimentos e validação



Fonte: Elaborada pelo autor

6.2.1 Normalização dos Pesos da Função Objetivo

Para evitar soluções tendenciosas, foi feita a normalização dos pesos da FO através de 100 execuções do AH com solução inicial aleatória. Após isso, calculou-se o valor médio de cada variável de decisão para definir os pesos das variáveis α , δ , β , ω , γ , θ , ρ . Conforme mostra a Tabela 15, a tabela completa pode ser visualizada no APÊNDICE A – Valor médio por variável.

Tabela 15 – Valor médio por variável

Variável	vLD	vP1	vSD	vP2	vHD	aST	a51
Média	0,392	1,219	2,694	6,033	11,349	0,539	0,548
σ	0,042	0,192	0,588	0,929	1,348	0,089	0,094

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Tabela 15 que a média das variáveis vLD, vP1, vSD, vP2, vHD, aST e a51 foi de 0,392; 1,219; 2,694; 6,033; 11,349; 0,539 e 0,548, respectivamente. Já a soma das médias foi de 22,773. A partir dessas médias, calculou-se os pesos das variáveis α , δ , β , ω , γ , θ , ρ , dividindo-se a soma das

médias, ou seja, 22,773 pelo valor médio de cada variável, o resultado é mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Pesos das variáveis

Peso	α	δ	β	ω	γ	Θ	ρ
Valor Peso	58,079	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594

Fonte: Elaborada pelo autor

Como exemplo, para calcular o valor de α o valor da soma das médias que é igual a 22,773 é dividido pelo valor médio da variável que é igual a 0,392 resultando em um peso aproximado de 58,079.

6.2.2 Instância com 15 clientes

No primeiro experimento foi usada a geração de conteúdo a partir do módulo de sugestão de conteúdo. A Tabela 17 mostra os usuários e os filmes que eles aceitaram, dessa forma a aplicação das metaheurísticas nessa configuração inicial irá determinar a melhor política de transmissão desses filmes para os 15 clientes. Nos demais experimentos a configuração inicial foi gerada aleatoriamente.

Tabela 17 – Tabela de filmes a serem transmitidos

Usuário	Filme	Qualidade Vídeo	Qualidade Áudio
U1	Alma Perdida	LD	ST
U2	Duro de Matar	HD	5.1
U3	Velozes e Furiosos	P1	ST
U4	O Exterminador do Futuro	SD	5.1
U5	O Código de Da Vinci	HD	5.1
U6	A Lenda do Tesouro Perdido	P2	5.1
U7	De Volta para o Futuro	LD	ST
U8	Assédio	SD	5.1
U9	O Retorno da Múmia	P2	5.1
U10	Ace Aventura	P1	ST
U11	Recém Casados	SD	5.1
U12	A Casa dos Pássaros Mortos	P2	5.1
U13	Se Beber Não Case	LD	ST
U14	O Mentiroso	P1	5.1
U15	Assim é a Vida	HD	5.1

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 18 mostra o primeiro experimento realizado com o Algoritmo Híbrido com a instância pequena do problema (15 clientes). Os parâmetros utilizados no AG foram população inicial igual a 40, taxa de cruzamento de 75%, mutação de 15% e número de gerações igual a 100. Já na BT o tamanho da lista tabu foi de 25, tamanho da vizinhança igual a 100 e Nbmax igual a 100. No Algoritmo Híbrido (AH), foram utilizados os mesmos parâmetros da BT e do AG, sendo que o critério de parada foi 20 iterações sem melhora no valor da FO e da MH. A Largura de Banda (LB) do servidor foi limitada a 70 Mbit/s.

Os resultados apresentados são a média de 100 execuções, sendo que os pesos usados foram os apresentados na Tabela 16. Nesse caso são 3 clientes conectados de cada tipo (LD, P1, SD, P2 e HD), totalizando 15 clientes. Desses clientes, 5 recebem áudio estéreo e 10 recebem áudio 5.1. A Largura de Banda (LB) do servidor foi limitada a 70 Mbit/s. O valor da Função Objetivo (FO) é de 733,116 Mbit/s e a média harmônica é de 0,730 Mbit/s.

Tabela 18 – Tabela com as taxas de transmissão por cliente

Sinal de Vídeo (Mbit/s)						
	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Média Harmônica		
LD	0,619	0,840	0,611	0,675		
	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6			
P1	1,441	1,452	1,387	1,426		
	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9			
SD	2,348	2,482	2,956	2,570		
	Cliente 10	Cliente 11	Cliente 12			
P2	5,017	5,107	5,042	5,055		
	Cliente 13	Cliente 14	Cliente 15			
HD	10,911	10,381	10,000	10,417		
Sinal de Áudio (Mbit/s)						
	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	
ST	0,169	0,188	0,207	0,212	0,218	0,197
	Cliente 6	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9	Cliente 10	
A51	0,689	0,527	0,769	0,664	0,506	-
	Cliente 11	Cliente 12	Cliente 13	Cliente 14	Cliente 15	

A51	0,525	0,386	0,794	0,823	0,699	0,605
	LB:	70,00	FO:	733,116	MH :	0,730

Fonte: Elaborada pelo autor

A dinâmica do Algoritmo Híbrido é distribuir, entre todos os clientes conectados, a largura de banda disponível de forma uniforme, ou seja, sem privilegiar algum dos usuários. A Tabela 18 mostra na parte superior a taxa de transmissão de vídeo para cada cliente. Já na parte inferior é mostrada a taxa de transmissão de áudio para cada cliente. Na coluna da direita é mostrada a média harmônica que avalia se a distribuição do *link* de internet entre os clientes conectados no servidor foi uniforme. A largura de banda foi distribuída totalmente entre os clientes conectados, pois atingiu um valor de 70,00 Mbit/s.

A Tabela 19 mostra a média de 100 execuções do Algoritmo Genético, Busca Tabu e do Algoritmo Híbrido da mesma instância do problema citado na Tabela 18. A tabela completa pode ser visualizada no APÊNDICE B – Média Harmônica de 100 execuções para 15 clientes.

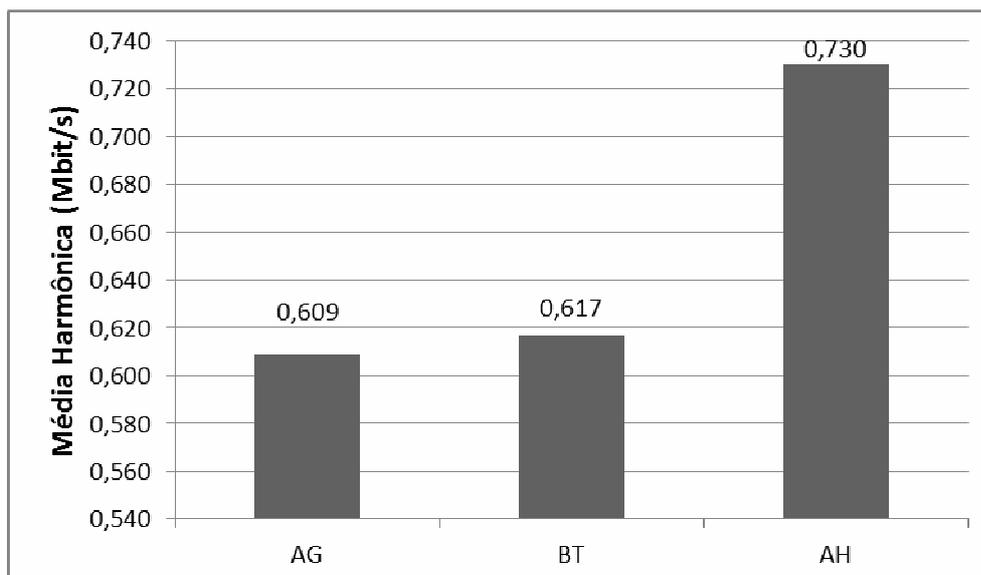
Tabela 19 – Média Harmônica de 100 execuções – 15 clientes

Algoritmo	Algoritmo Genético	Busca Tabu	Algoritmo Híbrido
Média	0,609	0,617	0,730
σ	0,0679	0,0680	0,0377

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Tabela 19 que o AH obteve a melhor média harmônica, ou seja, o AH conseguiu distribuir da forma mais uniforme o *link* de internet, sendo que a média da distribuição ficou em 0,730 Mbit/s. Já o valor da métrica média do AG e BT foi de 0,609 e 0,617, respectivamente.

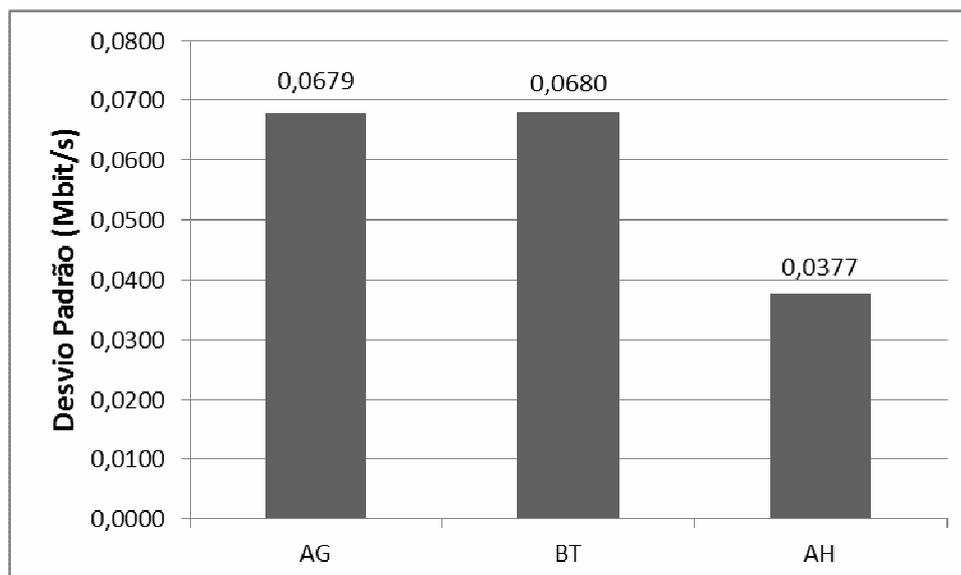
Figura 48 – Métrica aplicada aos resultados – 15 clientes



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 48 mostra através de um gráfico um comparativo do valor da métrica, ou seja, a média harmônica dos resultados obtidos pelo AG, BT e AH da mesma instância do problema citado na Tabela 18. Pode-se observar que o AG e a BT obtiveram resultados semelhantes com valores de 0,609 Mbit/s e 0,617 Mbit/s. O AH obteve o melhor desempenho com uma média harmônica da taxa de transmissão de 0,730 Mbit/s.

Figura 49 – Desvio padrão das metaheurísticas – 15 clientes

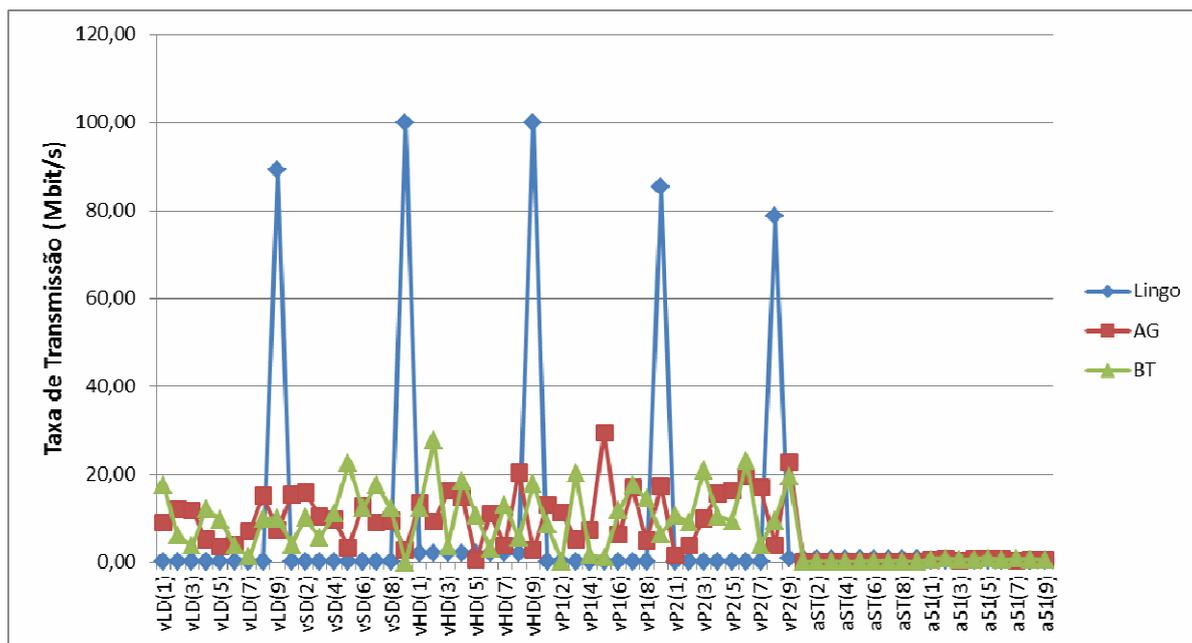


Fonte: Elaborada pelo autor

O gráfico da Figura 49 mostra o desvio padrão obtido por cada metaheurística, calculado sobre 100 execuções. Novamente, o AH obteve o melhor resultado sendo que desvio padrão do AH foi de 0,0377 Mbit/s, da BT de 0,0680 Mbit/s e do AG de 0,0679 Mbit/s.

Para testar o comportamento do *software* Lingo (LINGO, 2012) e das metaheurísticas, foram feitos testes relaxando as restrições das variáveis de transmissão de vídeo. Nesse experimento, as variáveis de transmissão de vídeo vLD, vP1, vSD, vP2 e vHD foram restritas a 100 Mbit/s no máximo e em 0,01 Mbit/s o mínimo. O gráfico da Figura 50 mostra o resultado obtido pelo Lingo, Algoritmo Genético e Busca Tabu.

Figura 50 – Experimento com restrições relaxadas – 15 clientes

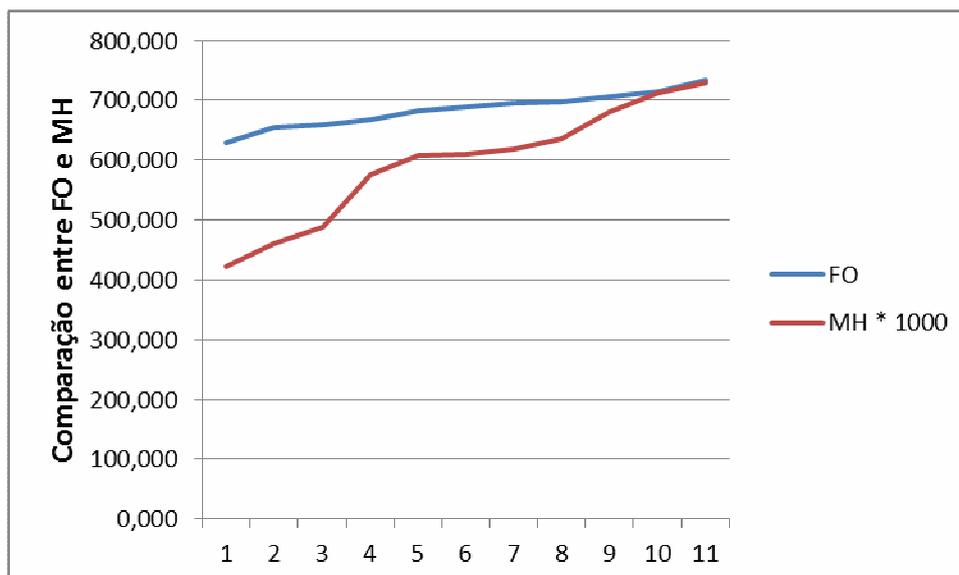


Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Figura 50 que o *software* Lingo deu prioridade para cinco clientes onde o gráfico atinge topos de valores de transmissão entre 79 e 100 Mbit/s. Contudo, os demais clientes receberam baixíssimos sinais de transmissão o que caracteriza uma distribuição desigual do *link* de internet disponível entre os clientes conectados no servidor de aplicações multimídia. Já as metaheurísticas, AG e BT, conseguiram uma distribuição mais uniforme do *link* de internet disponível. Conforme pode ser observado no gráfico, isso evitou que alguns clientes sejam beneficiados e outros clientes recebam um sinal muito ruim da transmissão do vídeo.

Para entender o comportamento do valor da Função Objetivo (FO) e a métrica que foi aplicada, ou seja, a Média Harmônica (MH), foi feito um gráfico comparativo conforme mostra a Figura 51.

Figura 51 – Gráfico comparativo FO x MH



Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Figura 51 que a MH acompanhou o crescimento da FO. No começo as curvas do gráfico iniciaram mais separadas, ou seja, com o valor da FO menor a MH ficou baixa, o que pode ser observado na primeira posição quando o valor da FO era de 629,992 Mbit/s o valor da MH era de 0,422 Mbit/s. Já na última posição do gráfico pode-se observar uma aproximação entre as linhas. Nesse caso, o valor da FO foi de 733,116 MBit/s e o valor da MH foi de 0,730 MBit/s.

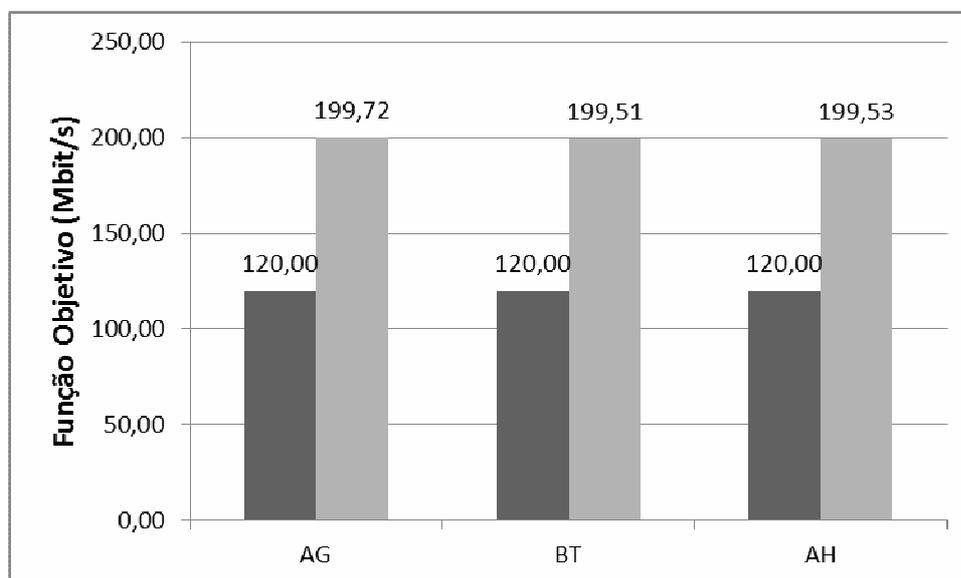
A partir do gráfico da Figura 51, também é possível observar a melhora da FO e da MH em relação à solução inicial. A FO inicial foi de 629,992 Mbit/s e a final de 733,116 Mbit/s, o que representa uma melhora de $\approx 16,37\%$. Já a MH inicial era de 0,422 MBit/s e a final de 0,730 Mbit/s, o que representa uma melhora de $\approx 72,99\%$.

6.2.3 Instância com 30 clientes

Também foram realizados testes com 100 execuções em instâncias com 30 clientes. Os parâmetros usados formam os mesmos do exemplo citado no item 6.2.2. Nesse experimento, os pesos das variáveis α , δ , β , ω , γ , θ , ρ foram igualados

a um. Em um dos casos limitou-se a largura de banda do servidor (LB) em 120 Mbit/s e na outra instância limitou-se a largura de banda (LB) em 200 Mbit/s.

Figura 52 – Comparação entre Funções Objetivo – 30 clientes



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 52 mostra o valor da FO do AG, BT e AH que foi 120,00 Mbit/s, ou seja, os algoritmos distribuíram o total da largura de banda entre os clientes. No segundo caso, quando a largura de banda foi aumentada para 200 Mbit/s os resultados das FOs foram 199,72, 199,51 e 199,53. Pode-se concluir que as metaheurísticas obtiveram melhores resultados quando o gargalo do sistema é maior, ou seja, a largura de banda disponível no servidor era menor.

A Tabela 20 mostra os testes realizados através de 100 execuções do AG, variando a taxa de cruzamento e a taxa de mutação.

Tabela 20 – Operador de cruzamento e mutação

Taxa Mutação		Taxa de Cruzamento					
		10%	25%	50%	75%	85%	95%
0%	MH	0,4321	0,4361	0,4390	0,4430	0,4395	0,4371
	σ	0,0182	0,0389	0,0217	0,0179	0,0352	0,0346
	FO	957,401	957,325	957,430	957,546	957,112	958,090
	σ	4,356	4,933	4,369	4,768	4,750	5,049
5%	MH	0,4426	0,4402	0,4432	0,4397	0,4400	0,4376
	σ	0,0175	0,0200	0,0135	0,0213	0,0203	0,0331
	FO	956,874	957,527	958,176	957,841	957,132	957,526
	σ	4,039	4,913	4,684	5,276	4,386	4,362
10%	MH	0,4435	0,4423	0,4442	0,4443	0,4422	0,4364
	σ	0,0159	0,0186	0,0147	0,0184	0,0231	0,0390
	FO	957,732	957,369	958,150	958,572	957,831	958,093
	σ	3,943	5,122	4,993	5,136	5,395	5,210
15%	MH	0,4433	0,4423	0,4392	0,4457	0,4402	0,4343
	σ	0,0243	0,0207	0,0346	0,0117	0,0339	0,0421
	FO	957,879	957,310	957,899	958,786	957,254	957,622
	σ	4,632	5,054	4,779	5,656	4,886	4,996
20%	MH	0,4398	0,4421	0,4386	0,4441	0,4428	0,4407
	σ	0,0187	0,0256	0,0255	0,0124	0,0247	0,0288
	FO	958,075	957,106	957,394	958,604	957,173	957,351
	σ	4,017	4,870	4,841	5,030	4,975	4,000

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Tabela 20 que a melhor média da métrica aplicada no resultado foi com a configuração da taxa de cruzamento de 50% e 75%, já a melhor taxa de mutação foi entre 10% e 20%, conforme pode-se observar na área marcada em cinza na Tabela 20. Em negrito pode-se observar que o melhor resultado foi com taxa de cruzamento de 75% e mutação com taxa de 15%. Também é possível observar, que com o aumento do valor da FO, o *link* de internet disponível é gasto com os clientes, o que implica no aumento da MH.

A Tabela 21 mostra os testes realizados através de 100 execuções do AG variando o número de gerações e o tamanho da população inicial.

Tabela 21 – População Inicial e número de gerações

População Inicial		Número de Gerações			
		10	50	100	250
20	MH	0,4278	0,4384	0,4398	0,4420
	σ	0,0393	0,0329	0,0256	0,0154
	FO	946,674	954,966	958,210	960,867
	σ	5,618	5,331	5,754	4,507
40	MH	0,4331	0,4353	0,4445	0,4499
	σ	0,0272	0,0307	0,0320	0,0157
	FO	949,467	958,519	960,060	963,040
	σ	5,813	4,453	4,936	3,904
100	MH	0,4361	0,4451	0,4449	0,4534
	σ	0,0298	0,0169	0,0376	0,0136
	FO	954,140	961,198	963,633	966,495
	σ	5,439	5,117	3,920	3,493

Fonte: Elaborada pelo autor

A área marcada em cinza na Tabela 21 mostra as configurações com os melhores resultados. Pode-se observar que o AG obteve melhores resultados aumentando-se o número de gerações até 250 e aumentando-se o tamanho da população inicial até 100. O melhor resultado foi obtido com número de gerações igual a 250 e tamanho da população inicial igual a 100.

A Tabela 22 mostra os testes realizados através de 100 execuções da BT variando o tamanho da lista tabu e o tamanho da vizinhança.

Tabela 22 – Lista Tabu e Tamanho da Vizinhança

Lista Tabu		Tamanho da Vizinhança			
		10	25	50	100
10	MH	0,4388	0,4444	0,4406	0,4500
	σ	0,0280	0,0302	0,0316	0,0182
	FO	956,831	960,578	963,779	965,819
	σ	4,695	4,934	4,490	3,964
25	MH	0,4385	0,4460	0,4447	0,4502
	σ	0,0267	0,0149	0,0307	0,0147
	FO	957,302	960,049	963,967	966,872
	σ	4,586	5,242	5,154	4,664
100	MH	0,4414	0,4421	0,4474	0,4482
	σ	0,0202	0,0355	0,0254	0,0254
	FO	957,632	960,233	963,012	964,9545
	σ	5,536	5,222	3,775	3,830

200	MH	0,4414	0,4421	0,4474	0,4482
	σ	0,0202	0,0355	0,0254	0,0254
	FO	956,439	961,442	963,799	965,675
	σ	4,400	4,909174	4,085	4,092

Fonte: Elaborada pelo autor

A área marcada em cinza na Tabela 22 mostra as configurações com os melhores resultados. Pode-se observar que a BT obteve melhores resultados com o tamanho de vizinhança de 50 e 100. O melhor resultado foi obtido com o tamanho da vizinhança igual a 100 e o tamanho da lista tabu igual a 25.

A Tabela 23 mostra os testes realizados através de 100 execuções da BT variando o tamanho da Lista Tabu e o número de iterações sem melhora (Nbmax).

Tabela 23 – Lista Tabu e Nbmax

		Nbmax			
Lista Tabu		10	50	100	250
10	MH	0,4365	0,4463	0,4465	0,4523
	σ	0,0305	0,0334	0,0259	0,0158
	FO	956,9356	962,9711	965,7611	968,2288
	σ	5,285899	4,389003	4,105429	3,136776
25	MH	0,4404	0,4476	0,451	0,4526
	σ	0,0268	0,0293	0,0143	0,0154
	FO	957,9512	962,216	965,7983	964,4827
	σ	5,52828	3,88857	4,247513	4,238516
50	MH	0,443	0,4447	0,4512	0,4529
	σ	0,017	0,0255	0,0133	0,0113
	FO	956,6402	963,6469	964,8864	966,4271
	σ	4,965577	4,598554	3,697357	3,771666
100	MH	0,4414	0,4489	0,448	0,4538
	σ	0,0188	0,0156	0,025	0,0134
	FO	956,3138	963,0465	965,916	970,4106
	σ	4,698171	4,163361	4,828634	3,407608
200	MH	0,4416	0,4457	0,4492	0,4527
	σ	0,022	0,0253	0,0161	0,0172
	FO	957,5524	962,9726	964,9881	969,145
	σ	5,095265	4,942683	3,931693	2,902348

Fonte: Elaborada pelo autor

A área marcada em cinza na Tabela 23 mostra as configurações com os melhores resultados, pode-se observar que a BT obteve melhores resultados com o Nbmax de 100 e 250. O melhor resultado foi obtido com o Nbmax igual a 250 e o tamanho da Lista Tabu igual a 100.

A Tabela 24 mostra os parâmetros do AH. Primeiramente o AH foi testado com a configuração do AG onde o tamanho da população é igual a 20 indivíduos, o operador de cruzamento igual a 85%, mutação igual a 5% e número de gerações igual a 100. Já na BT foi utilizada a Lista Tabu e tamanho da vizinhança igual a 10 e iterações sem melhora igual a 100. Com essas configurações, o valor médio da métrica após 100 execuções foi de 0,4630 Mbit/s. Já o desvio padrão foi de 0,0055 Mbit/s.

Após isso, foi realizado um experimento com 100 execuções onde foram utilizados os parâmetros semelhantes aos quais o AG e BT encontraram os melhores resultados, ou seja, população inicial igual a 40, cruzamento igual a 75%, mutação igual a 15% e número de gerações sem melhora igual a 100 no caso do AG. Já na BT foi utilizada Lista Tabu igual a 25, tamanho da vizinhança igual a 100 e número de iterações sem melhora igual a 100. Com essas configurações, o valor médio da métrica após 100 execuções foi de 0,4682 Mbit/s e o desvio padrão foi o mesmo do experimento anterior igual a 0,0055 Mbit/s.

Tabela 24 – Parâmetros do Algoritmo Híbrido

População Inicial / Cruzamento / Mutação / Nro. Gerações	20/85/5/100
Lista Tabu / Tamanho Vizinhança / Iteração sem Melhora	10/10/100
Média Harmônica	0,4630
Desvio Padrão	0,0055
População Inicial / Cruzamento / Mutação / Nro. Gerações	40/75/15/100
Função Objetivo	971,179
Desvio Padrão	3,721
Lista Tabu / Tamanho Vizinhança / Iteração sem Melhora	25/100/100
Média Harmônica	0,4682
Desvio Padrão	0,0055
Função Objetivo	974,352
Desvio Padrão	3,874

Fonte: Elaborada pelo autor

6.2.4 Relação entre variáveis

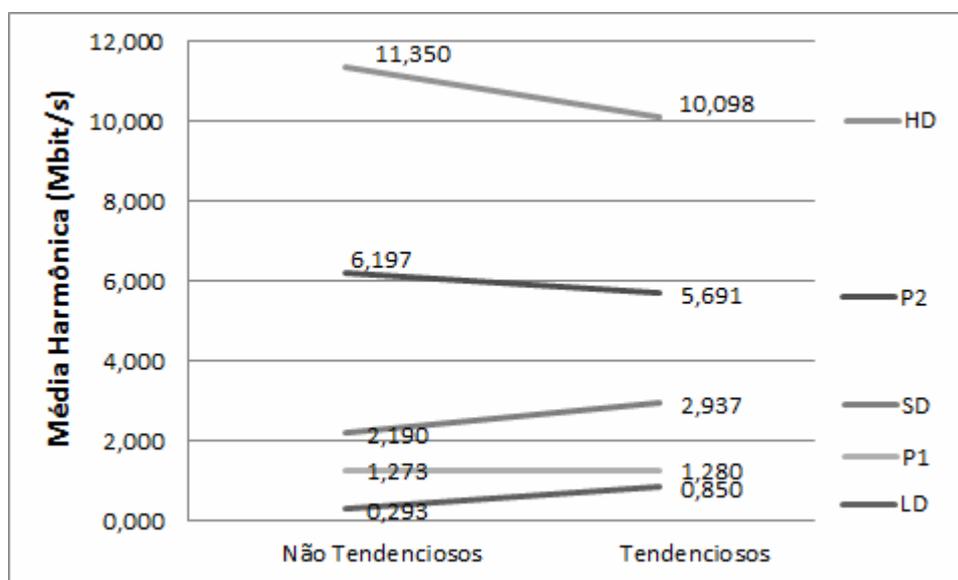
Para entender o comportamento das variáveis de transmissão de vídeo, primeiramente foram executadas 100 vezes o AH com a configuração de pesos não tendenciosos, depois foi feita uma configuração multiplicando-se por dois o peso de cada variável de decisão referente às taxas de transmissão de vídeo LD, P1, SD, P2 e HD.

Tabela 25 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade LD

Peso	α	δ	β	ω	γ	θ	ρ
Valor Peso	58,079	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594
Prioridade LD	116,158	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 53 – Prioridade para transmissão LD



Fonte: Elaborada pelo autor

No experimento da Figura 53, os valores à esquerda referem-se à execução de 100 vezes do AH com a configuração dos pesos não tendenciosos. Depois o AH foi executado 100 vezes multiplicando-se por dois o parâmetro α (nível de importância da transmissão LD), conforme a Tabela 25. Pode-se observar que com essa configuração a metaheurística deu prioridade para as transmissões LD, uma

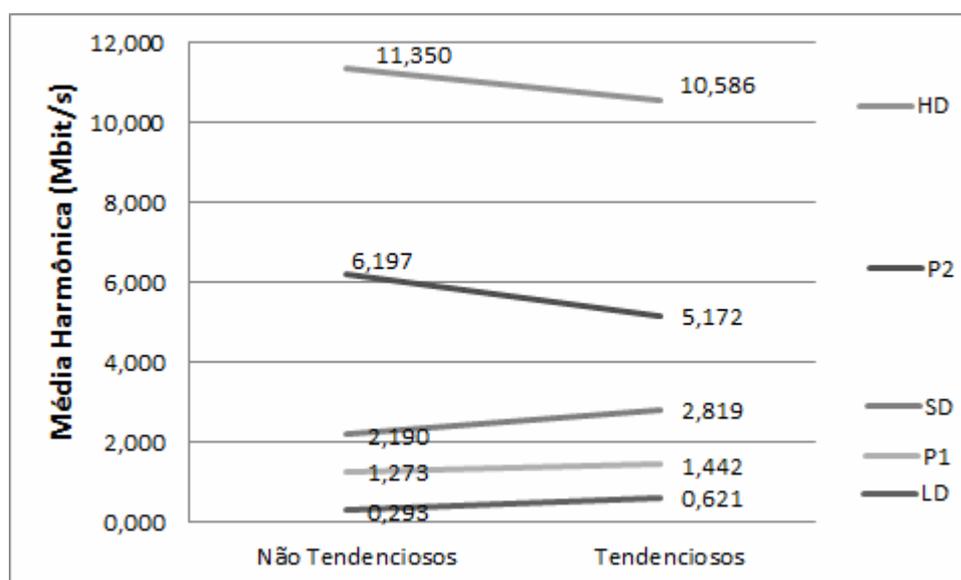
vez que houve um aumento médio da taxa de transmissão de 0,293 Mbit/s para 0,850 Mbit/s. Além disso, houve um aumento na taxa de transmissão SD, de 2,190 Mbit/s para 2,937 Mbit/s. Já a transmissão P1 se manteve praticamente estável com valores de 1,273 Mbit/s e 1,280 Mbit/s. As transmissões HD e P2 tiveram a maior diminuição no seu valor, HD de 11,350 Mbit/s para 10,098 Mbit/s e P2 de 6,197 Mbit/s para 5,691 Mbit/s.

Tabela 26 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade P1

Peso	α	δ	β	ω	γ	θ	ρ
Valor Peso	58,079	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594
Prioridade P1	58,079	37,378	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 54 – Prioridade para transmissão P1



Fonte: Elaborada pelo autor

No experimento da Figura 54, os valores à esquerda referem-se à execução de 100 vezes do AH com a configuração dos pesos não tendenciosos. Depois o AH foi executado 100 vezes multiplicando-se por dois o parâmetro δ (nível de importância da transmissão P1), conforme a Tabela 26. Pode-se observar que com essa configuração a metaheurística deu prioridade para as transmissões P1, além disso, pode-se observar que com essa configuração também houve um aumento da

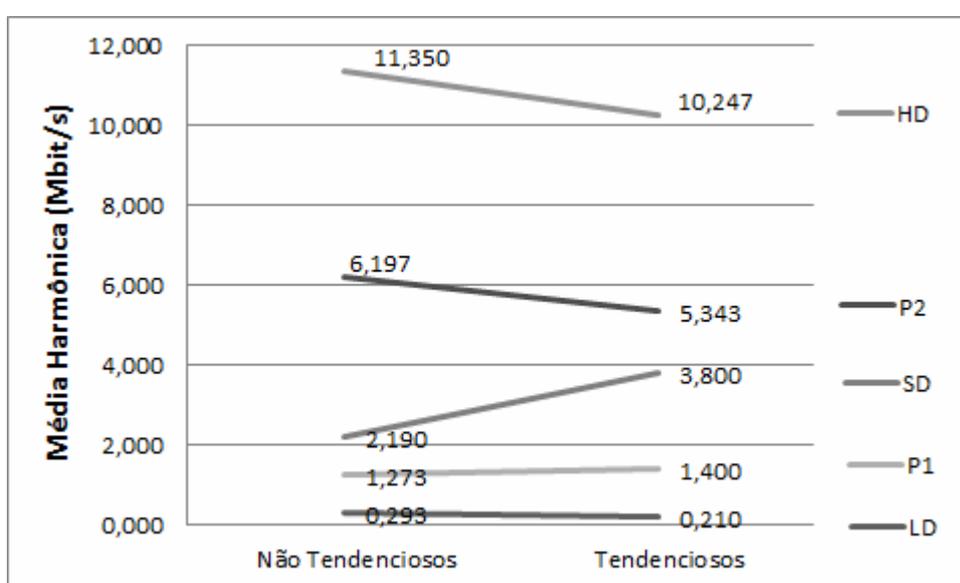
qualidade das transmissões LD e SD. Já as variáveis P2 e HD tiveram diminuição na taxa de transmissão.

Tabela 27 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade SD

Peso	α	δ	β	ω	γ	θ	ρ
Valor Peso	58,079	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594
Prioridade SD	58,079	18,689	16,904	3,775	2,007	42,266	41,594

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 55 – Prioridade para transmissão SD



Fonte: Elaborada pelo autor

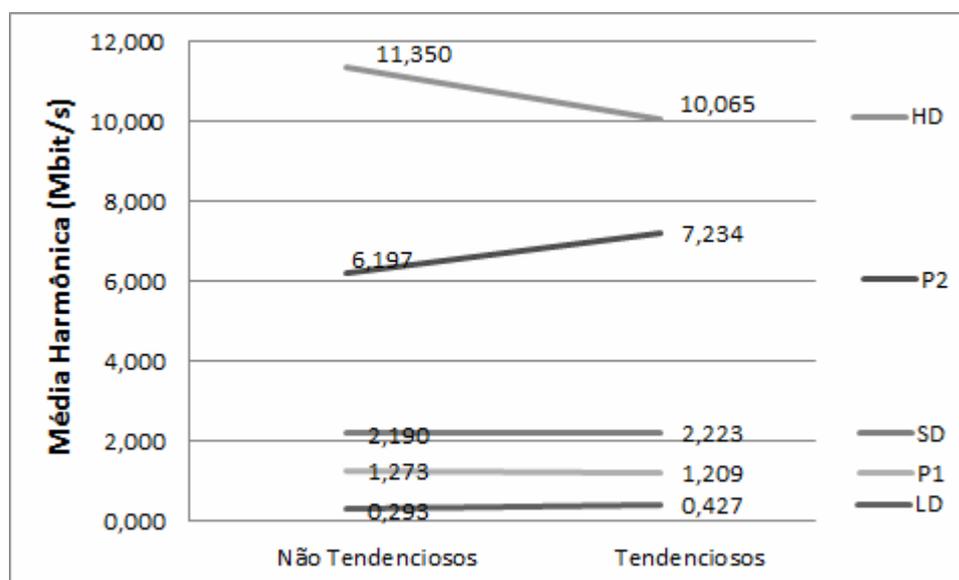
No experimento da Figura 55 o AH foi executado 100 vezes, primeiramente com a configuração dos pesos não tendenciosos que foram citados na Tabela 16. Depois o AH foi executado 100 vezes multiplicando-se por dois o parâmetro β (nível de importância da transmissão SD), conforme a Tabela 27. Pode-se observar que com essa configuração a metaheurística deu prioridade para as transmissões SD, sendo que as transmissões LD e P1 continuaram praticamente inalteradas. Já os parâmetros de transmissão HD e P2 tiveram a maior diminuição no seu valor.

Tabela 28 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade P2

Peso	α	δ	β	ω	γ	θ	ρ
Valor Peso	58,079	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594
Prioridade P2	58,079	18,689	8,452	7,550	2,007	42,266	41,594

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 56 – Prioridade para transmissão P2



Fonte: Elaborada pelo autor

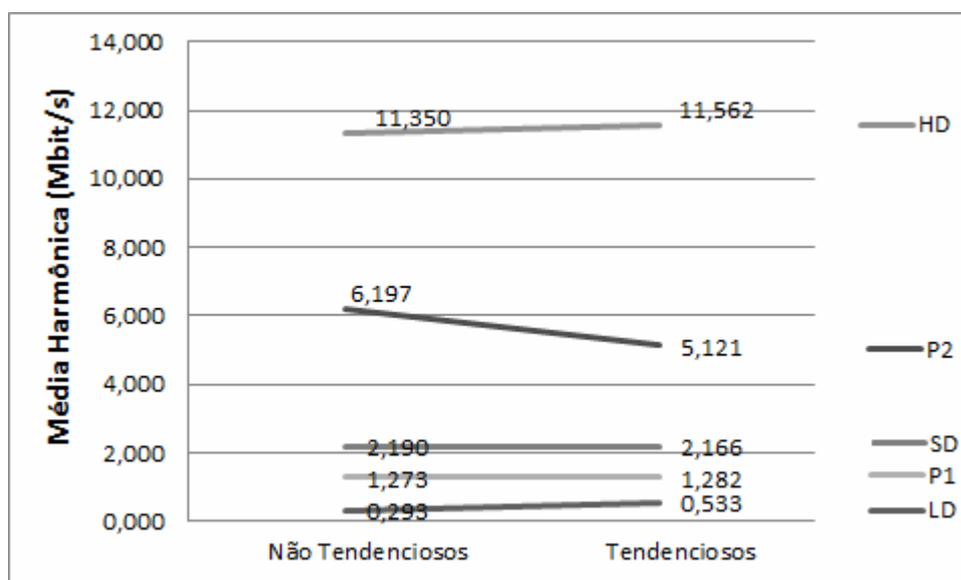
A Figura 56 mostra a execução do AH 100 vezes multiplicando-se por dois o parâmetro ω (nível de importância da transmissão P2), conforme a Tabela 28. Pode-se observar que com essa configuração a metaheurística deu prioridade para as transmissões P2, uma vez que houve um aumento médio da taxa de transmissão de 6,197 Mbit/s para 7,234 Mbit/s. Além disso, houve uma diminuição da taxa de transmissão HD. Já as transmissões LD, P1 e SD se mantiveram praticamente estáveis.

Tabela 29 – Pesos Não Tendenciosos x Prioridade HD

Peso	α	δ	β	ω	γ	θ	ρ
Valor Peso	58,079	18,689	8,452	3,775	2,007	42,266	41,594
Prioridade HD	58,079	18,689	8,452	3,775	4,014	42,266	41,594

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 57 – Prioridade para transmissão HD



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 57 mostra a execução do AH 100 vezes, multiplicando-se por dois o parâmetro γ (nível de importância da transmissão HD) conforme a Tabela 29. Pode-se observar que com essa configuração a metaheurística deu prioridade para as transmissões HD, uma vez que houve um aumento médio da taxa de transmissão de 11,350 Mbit/s para 11,562 Mbit/s. Além disso, houve uma diminuição da taxa de transmissão P2. Já as transmissões SD e P1 se mantiveram praticamente estáveis. A transmissão LD aumentou de 0,293 Mbit/s para 0,533 Mbit/s.

6.2.5 Instância com 1000 clientes

A Tabela 30 mostra a média de 100 execuções do Algoritmo Genético, Busca Tabu e do Algoritmo Híbrido para uma instância com 200 clientes de cada tipo (LD, P1, SD, P2, e HD) totalizando 1000 clientes conectados. Desses 1000 clientes, 500 receberam áudio estéreo e 500 receberam áudio 5.1. O APÊNDICE C – Média Harmônica de 100 execuções para 1000 clientes, mostra a tabela completa com a média das 100 execuções.

Os parâmetros utilizados no AG foram população inicial igual a 40, taxa de cruzamento de 75%, mutação de 15% e número de gerações igual a 100. Já na BT o tamanho da lista tabu foi de 25, tamanho da vizinhança igual a 100 e Nbmax igual a 100. No Algoritmo Híbrido (AH), foram utilizados os mesmos parâmetros da BT e do AG, sendo que o critério de parada foi 20 iterações sem melhora no valor da FO e da MH. A Largura de Banda (LB) do servidor foi limitada a 700 Mbit/s.

O APÊNDICE D – Resultado completo para um problema com 1000 clientes, mostra o resultado completo com as taxas de transmissão, a média de cada variável de decisão, a média harmônica do resultado e o valor da Função Objetivo.

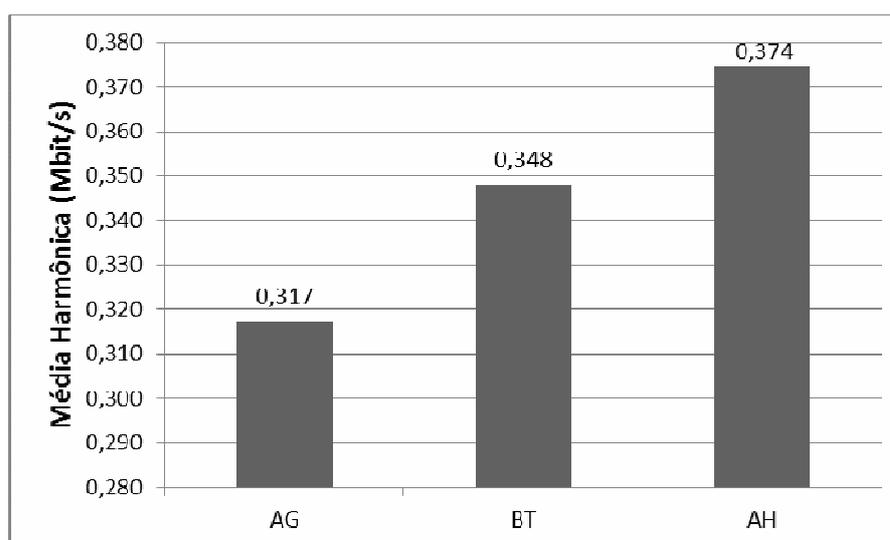
Tabela 30 – Média Harmônica de 100 execuções para 1000 clientes

Algoritmo	Algoritmo Genético	Busca Tabu	Algoritmo Híbrido
Média	0,317	0,348	0,374
σ	0,0116	0,0142	0,0040

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Tabela 30 que o AH obteve a melhor média harmônica, ou seja, o AH conseguiu distribuir da forma mais uniforme o *link* de internet, sendo que a média da distribuição ficou em 0,374 Mbit/s. Já o valor da métrica média do AG e BT foi de 0,317 e 0,348, respectivamente.

Figura 58 – Métrica aplicada aos resultados – 1000 clientes

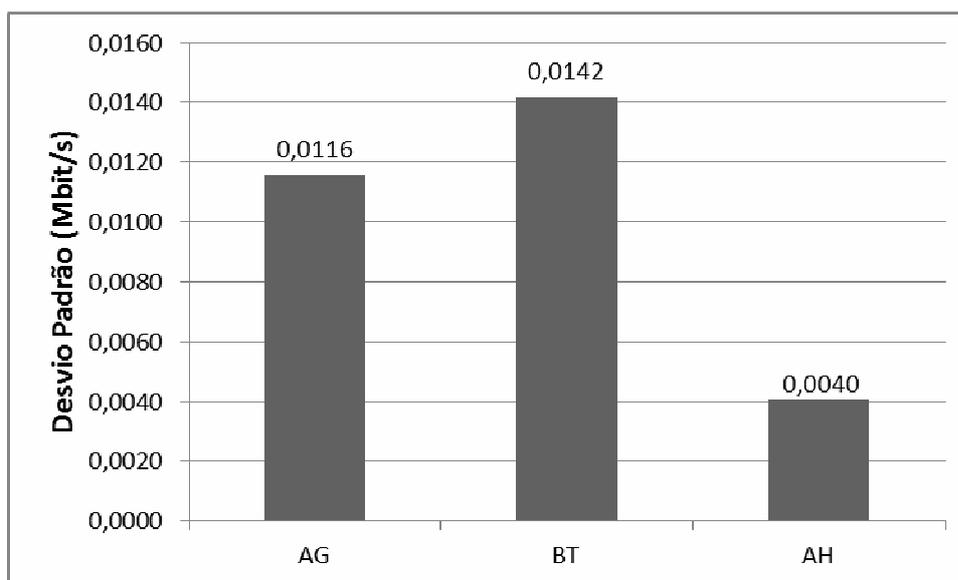


Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 58 mostra através de um gráfico, um comparativo do valor da métrica, ou seja, a média harmônica dos resultados obtidos pelo AG, BT e AH da

mesma instância do problema citado na Tabela 30. Pode-se observar que o AG obteve o pior resultado com valor médio da métrica de 0,317 Mbit/s, a BT obteve uma pequena melhora, sendo que o valor médio da métrica foi de 0,348 Mbit/s. O AH obteve o melhor desempenho com um valor médio de métrica de 0,374 Mbit/s.

Figura 59 – Desvio padrão das metaheurísticas – 1000 clientes



Fonte: Elaborada pelo autor

O gráfico da Figura 59 mostra o desvio padrão obtido por cada metaheurística, calculado sobre 100 execuções. Novamente, o AH obteve o melhor resultado sendo que o desvio padrão do AH foi de 0,0040 Mbit/s, da BT de 0,0142 Mbit/s e do AG de 0,0116 Mbit/s.

6.2.6 Instância com 15 mil clientes

Para testar a robustez das metaheurísticas implementadas, foram realizados testes com uma instância grande do problema. Essa instância tem um total de 15 mil clientes conectados. Sendo 3 mil de cada tipo (LD, P1, SD, P2 e HD). Desses 15 mil, 7,5 mil receberam qualidade de áudio estéreo e 7,5 mil receberam qualidade de áudio 5.1.

Os parâmetros utilizados no AG foram população inicial igual a 40, taxa de cruzamento de 75%, mutação de 15% e número de gerações igual a 100. Já na BT o tamanho da lista tabu foi de 25, tamanho da vizinhança igual a 100 e Nbmax igual a 100. No Algoritmo Híbrido (AH), foram utilizados os mesmos parâmetros da BT e do AG, sendo que o critério de parada foi 20 iterações sem melhora no valor da FO e da MH. A Largura de Banda (LB) do servidor foi limitada a 7000 Mbit/s.

Tabela 31 – Média Harmônica de 50 execuções para 15000 clientes

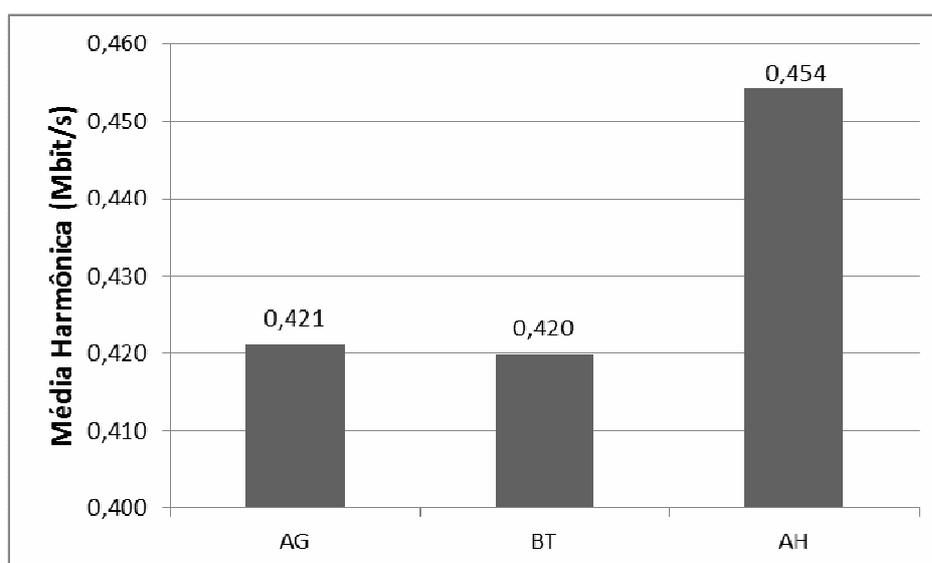
Execução	Algoritmo Genético	Busca Tabu	Algoritmo Híbrido
1	0,411	0,412	0,451
2	0,412	0,435	0,452
3	0,411	0,414	0,454
4	0,418	0,410	0,452
5	0,409	0,410	0,454
6	0,410	0,413	0,452
7	0,420	0,419	0,456
8	0,403	0,415	0,459
9	0,408	0,415	0,452
10	0,410	0,418	0,455
11	0,408	0,420	0,456
12	0,409	0,419	0,453
13	0,401	0,415	0,454
14	0,408	0,414	0,452
15	0,432	0,420	0,455
16	0,415	0,416	0,453
17	0,420	0,438	0,452
18	0,403	0,415	0,458
19	0,409	0,437	0,454
20	0,408	0,414	0,454
21	0,437	0,410	0,453
22	0,446	0,413	0,461
23	0,410	0,419	0,453
24	0,438	0,414	0,454
25	0,437	0,443	0,454
26	0,412	0,413	0,455
27	0,441	0,412	0,457
28	0,435	0,409	0,453
29	0,443	0,412	0,455
30	0,442	0,447	0,453
31	0,438	0,433	0,456
32	0,447	0,432	0,453
33	0,432	0,448	0,452

34	0,436	0,437	0,453
35	0,448	0,413	0,453
36	0,435	0,411	0,452
37	0,413	0,417	0,451
38	0,436	0,413	0,454
39	0,410	0,410	0,455
40	0,437	0,436	0,457
41	0,433	0,435	0,458
42	0,408	0,413	0,455
43	0,435	0,414	0,453
44	0,406	0,412	0,458
45	0,410	0,435	0,456
46	0,412	0,418	0,452
47	0,413	0,413	0,453
48	0,412	0,417	0,456
49	0,411	0,409	0,457
50	0,417	0,414	0,452
Média	0,421	0,420	0,454
σ	0,0144	0,0109	0,0022

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar na Tabela 31 que o AH obteve a melhor média harmônica, ou seja, o AH conseguiu distribuir da forma mais uniforme o *link* de internet, sendo que a média da distribuição ficou em 0,454 Mbit/s. Já o valor da métrica média do AG e BT foi de 0,421 e 0,420, respectivamente.

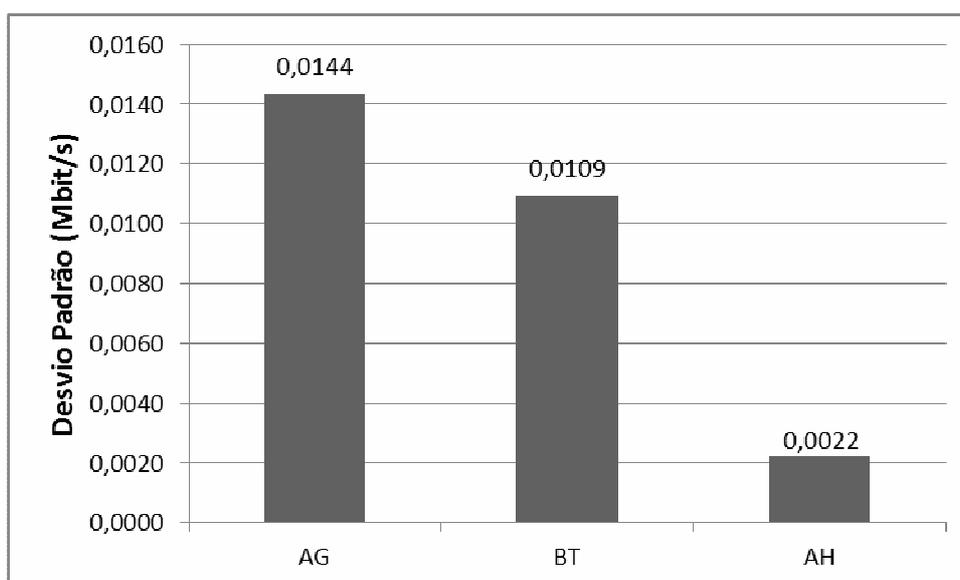
Figura 60 – Métrica aplicada nos resultados – 15000 clientes



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 60 mostra, através de um gráfico, um comparativo do valor da métrica, ou seja, a média harmônica dos resultados obtidos pelo AG, BT e AH da mesma instância do problema citado na Tabela 31. Pode-se observar que o AG e a BT obtiveram resultados muito parecidos com média da métrica de 0,421 Mbit/s para o AG e 0,420 Mbit/s para a BT. O AH obteve o melhor desempenho com um valor médio de métrica de 0,454 Mbit/s.

Figura 61 – Desvio padrão das metaheurísticas – 15000 clientes



Fonte: Elaborada pelo autor

O gráfico da Figura 61 mostra o desvio padrão obtido por cada metaheurística, calculado sobre 50 execuções. Novamente, o AH obteve o melhor resultado sendo que desvio padrão do AH foi de 0,0022 Mbit/s, da BT de 0,0109 Mbit/s e do AG de 0,0144 Mbit/s.

Esse experimento, foi executado em um computador com processador Intel Core i5 e 6 GB de memória RAM. O sistema operacional utilizado foi *Windows 7* 64 bits e Máquina Virtual Java 1.6 *Update 24*, 64 bits. O tempo médio de execução foi de aproximadamente 1h da BT e do AG e de aproximadamente 2,5 h do AH.

7 Conclusões

Esse trabalho apresentou uma arquitetura de um sistema para otimização e sugestão de conteúdo aplicado ao servidor multimídia da Plataforma Digiconv. Esta arquitetura é composta por dois módulos. O módulo de sugestão tem como objetivo sugerir conteúdo aos usuários. Já o módulo de transmissão de conteúdo tem como função otimizar a transmissão do conteúdo para o usuário.

O módulo de sugestão de conteúdo foi desenvolvido através da técnica de filtragem baseada em conteúdo. A validação foi feita através da métrica *Precision* que é a relação entre o número de conteúdos que o usuário considera relevante e o número de conteúdos recomendados, e a métrica *Recall* que é uma medida do número de conteúdos recomendados. Os experimentos mostraram que a métrica *Precision* teve um valor de 68% e a métrica *Recall* teve valor de 59%, valores semelhantes aos obtidos por Cazella (2008).

Além disso, através do módulo de sugestão de conteúdo, foi possível gerar conteúdos para os usuários de modo que esse conteúdo gerado foi utilizado como referência para o módulo de otimização de conteúdo, conforme foi apresentado na seção 6.2.2.

No módulo de otimização de conteúdo as metaheurísticas obtiveram resultados de boa qualidade, sendo que a validação dos resultados foi feita através da métrica Média Harmônica (MH). As metaheurísticas Algoritmo Genético (AG), Busca Tabu (BT) e Algoritmo Híbrido (AH) foram testadas com problemas de pequena escala (15 e 30 clientes), de média escala (1000 clientes) e de larga escala (15 mil clientes).

Os experimentos mostraram que o AH obteve os melhores resultados em relação ao AG e à BT. Quando comparada a métrica Média Harmônica (MH) da solução inicial e da solução final do AH, obteve-se uma melhora de aproximadamente 72,99% da distribuição do *link* de internet, entre os clientes conectados do servidor de aplicação multimídia.

O AG mostrou seu melhor desempenho com população inicial de tamanho 100, taxa de cruzamento de 75%, taxa mutação de 15% e número de gerações igual a 250. Já a BT mostrou melhor desempenho com Lista Tabu igual a 100, tamanho da vizinhança igual a 100 e Nbmax igual a 250.

A análise da relação entre as variáveis, na seção 6.2.4, mostrou que o aumento dos pesos (α , δ , β , ω , γ , θ , ρ) acarreta no aumento do valor da variável de decisão ligada ao peso que se deu prioridade. Dessa forma, é possível dar prioridade para um determinado tipo de transmissão, como por exemplo, vídeo em baixa resolução (LD).

Como contribuições desse trabalho, pode-se destacar uma abordagem utilizando metaheurística para parametrização do sistema de transmissão, observando as normas ABNT e ITU-T no contexto do SBTVD.

Também foi desenvolvida uma metodologia para sugerir conteúdo adequado aos usuários usando ontologias e agentes de *software* aplicada a uma arquitetura do canal de retorno do SBTVD. Essa metodologia observa as normas ABNT e ITU-T no contexto do SBTVD. Além disso, a integração com o módulo de transmissão de conteúdo, onde foram desenvolvidos três algoritmos (AG, BT e AH) aplicados ao modelo de transmissão de conteúdo do servidor de aplicações multimídia permitiu avaliação quantitativa feita através da Média Harmônica, utilizada como métrica para avaliar os resultados finais gerados pelo AG e BT, e também como critério de avaliação nas execuções do AH.

Além disso, o desenvolvimento de um módulo de sugestão de conteúdo, que se atém ao gosto do usuário, que viabiliza a geração de uma base para o módulo de transmissão de conteúdo. Desenvolvimento de um Algoritmo Híbrido, que viabiliza o gerenciamento dos parâmetros com uma visão multivariável permitindo a reconfiguração do sistema dado um novo cenário do tipo e quantidade de usuários conectados.

Alguns artigos foram publicados e apresentados à comunidade acadêmica nos eventos, EURO 2012 – Congresso Europeu de Pesquisa Operacional, DATA Conference 2012, Revista de Radiodifusão, XLIV SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.

Em trabalhos futuros, no módulo de sugestão de conteúdo, pretende-se desenvolver um Algoritmo Híbrido que leva em consideração a filtragem baseada em conteúdo, onde são recomendados itens semelhantes com os que o usuário demonstrou interesse no passado, e também a filtragem colaborativa, que é a troca de experiências entre usuários com gostos ou interesses parecidos.

No módulo de transmissão de conteúdo, pretende-se realizar novos experimentos com as metaheurísticas utilizando novos operadores de mutação, cruzamento e estratégias de intensificação, com o objetivo de melhorar os resultados encontrados até o momento.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, M. S. D. **Televisão Digital**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2007.

ARAÚJO, R. C.; RICARTE, I. L. M. Ontologias Para Integração de Metadados da Indústria de Broadcast Multimídia no Contexto da TV Digital. **Revista de Radiodifusão**, v. 4, n. 4, ago. 2010.

ASADZADEH, L.; ZAMANIFAR, K. An agent-based parallel approach for the job shop scheduling problem with genetic algorithms. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 52, n. 11-12, p. 1957-1965, 2010. ISSN 08957177.

BIP. **Boletim de Informação Para Publicitários**, 2001. Disponível em: <<http://comercial2.redeglobo.com.br/biponline/BIP/BIP%20577.pdf>>. Acesso em: Maio 2011.

BARCELLOS, C. D. et al. Sistema de Recomendação Acadêmico para Apoio a Aprendizagem. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, 2007. ISSN 1679-1916.

CARVALHO, F. B. S. **Aplicação de Transmissão de Dados via Rede Elétrica Para o Canal de Retorno em Televisão Digital**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2006.

CATARINA, A. S. **Um Algoritmo Genético Híbrido com Representação Explícita de Relacionamentos Espaciais Para Análise de Dados Geoespaciais**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. INPE – São José dos Campos, 2009.

CAZELLA S. C., et al. Um modelo para recomendação de artigos acadêmicos baseado em filtragem colaborativa aplicado à ambientes móveis. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**. Porto Alegre, RS. v. 6, n. 2, 2008, ISSN 1679-1916.

CAZELLA S. C., et al. Recomendação de Objetos de Aprendizagem Empregando Filtragem Colaborativa e Competências. **XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE**. 2009, ISSN: 2176-4301.

CINEDICA. **Apresenta informações sobre o Cinedica - Sistema de Recomendação**. 2012. Disponível em <<http://www.cinedica.com.br/>> Acessado em: 22 abr. 2012.

CHIWIACOWSKY, L. D. **Otimização Combinatória – Aula 1**. Disponível em <<http://www.unisinos.br/pastanet/arquivos/0889/4106/aula1.ppt>> Acessado em: 02 abr. 2012a.

CHIWIACOWSKY, L. D. **Otimização Combinatória – Aula 5**. Disponível em <<http://www.unisinos.br/pastanet/arquivos/0889/4106/aula5.ppt>> Acessado em: 02 abr. 2012b.

CPqD. **Visão Sistêmica**. Versão AB. PD.30.12.34A.001A/RT-02-AB. Campinas. 2005.

CPqD. **Arquitetura de Referência. Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre**, 2006. Disponível em: <<http://sbtvd.cpqd.com.br>>. Acesso em: Maio 2011.

CRINON, R. J. et al. Data Broadcasting and Interactive Television. **Proceedings of the IEEE**, v. 94, p. 102-118 , jan. 2006. ISSN 0018-9219.

DAVIDSON, J. et al. The YouTube video recommendation system. **Proceedings of the fourth ACM conference on Recommender systems**. New York, NY, 2010. ISBN: 978-1-60558-906-0.

DEITEL, H. M. et al. Perl Como Programar. **Bookman Editora**. Ed. 1. Pág. 952. 2002. ISBN: 8573079800.

DBPEDIA. **DBPedia**, 2011. Disponível em: <<http://dbpedia.org/sparql>>. Acesso em: 06 out. 2011.

DORIGO, M. **Optimization, Learning and Natural Algorithms**. Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, IT. [S.l.]: [s.n.]. 1992.

DORIGO, M.; CARO, G. D.; GAMBARDELLA, L. M. Ant algorithms for discrete optimization. **Artificial Life**, Cambridge, MA, USA , abr. 1999.

DRUMOND, L.; LINDOSO, A.; GIRARDI, R. InfoNorma: Um Sistema de Recomendação baseado em Tecnologias da Web Semântica. **INFOCOMP - Jornal da Ciência da Computação**. v.5 n. 4. Dez. 2006.

FEO, T. A.; RESENDE, M. G. C. A Probabilistic Heuristic For a Computationally Difficult Set Covering Problem. **Operation Research Letter**, abr. 1989. 67-71.

FERNÁNDEZ, Y. et al. **AVATAR**: An Improved Solution for Personalized TV based on Semantic Inference. IEEE Trans. on Consumer Electronics: Vol. 52(1), p. 223-231, [S.I.]: [s.n.]. fev. 2006.

FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. **Is it an agent, or just a program? A taxonomy for autonomous agents**. The Third International Workshop on Agents Theories, Architectures, and Languages. Verlag: [s.n.]. 1996.

GALINDO, M. **Utilização de Ontologias Para Marcação e Recuperação de Segmentos de Vídeo MPEG-7**, 2007. Disponível em: <<http://www.edeyson.com.br/Projetos/Futologia.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2011.

GENDREAU, M.; LAPORTE, G.; POTVIN, J. Y. Metaheuristics for the Capacitated VRP. In: TOTH, P.; VIGO, D. **The Vehicle Routing Problem**. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.

GE, J. et al. Semantic Similarity Measure Based on Ontology Hierarchical Tree," **Wireless Communications, Networking and Mobile Computing**, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, vol., no., p1-5, 12-14 Oct. 2008 doi: 10.1109/WiCom.2008.1263.

GILBERT, D. **Intelligent agents**: The right information at the right time. Research Triangle Park, NC: Tech. Rep. IBM Corp. 1997.

GLOVER, F. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. **Computers and Operations Research**, Oxford, UK, v. 13, n. 5, p. 533-549, 1986.

GLOVER, F.; LAGUNA, M. **Tabu Search**. Boston: Kluwer Academic. 382 p. ISBN 0-7923-9965-X.: [s.n.], 1997.

GLOVER, F.; LAGUNA, M. **Tabu search**. [S.l.]: Springer, 1998. ISBN 0792381874, 9780792381877.

GLUZ, J. C.; VICARI, R. M. **MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA**, In: XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2010, João Pessoa/PB. Anais XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, v. 1. p. 1-10., 2010.

GOLDBERG, D. E. **Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning**. University of Michigan: Addison-Wesley Pub. Co. 1989.

GÓMEZ, A. T. et al. **PLATAFORMA DE CONVERGÊNCIA DIGITAL IPTV/TV DIGITAL**. Relatório Técnico. Unisinos. São Leopoldo, p. 74. 2011.

GRACIOSA, H. M. M. **Tutorial TV Digital no Brasil**, 2003. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtvd2/default.asp>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. 1. ed. Michigan: University of Michigan Press, 1975.

HORRIDGE, M. Protégé OWL Tutorial. **A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools**, 2011. Disponível em: <<http://owl.cs.manchester.ac.uk/tutorials/protegeowltutorial/>>. Acesso em: 05 ago. 2011.

HÜBNER, J. F. E.; SICHMAN, J. S. **Organização de sistemas multiagentes**. III Jornada de Mini-Cursos de Inteligência Artificial. [S.l.]: [s.n.]. 2003. p. 247–296.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - 2011**, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>

home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2011/default.shtm>. Acesso em: 08 out. 2012.

INTERNATIONAL Television Expert Group. **IPTV Global Forecast**. 2009. Disponível em: <http://www.international-television.org/tv_market_data/global-iptv-forecast-2009-2013.html> Acesso em: 29 mar. 2012.

JANG, H. Y.; NOH, M. J. Customer acceptance of IPTV service quality. **International Journal of Information Management**, v. 31, n. 6, p. 582-592 Abr. 2011. ISSN 0268-4012.

JAZIRI, W.; PAQUET, T. A Multi-Agent Model and Tabu Search Optimization to Manage Agricultural Territories. **Geoinformatica**, v. 10, n. 3, p. 337-357, set. 2006. ISSN 1384-6175.

JENNINGS, N. R.; WOOLDRIDGE, M. **Agent-Oriented Software Engineering**, London E1 4NS, United Kingdom, 2000.

JINNI. **Apresenta informações sobre o Jinni - Sistema de Recomendação**. 2012. Disponível em <<http://www.cinedica.com.br/>> Acessado em: 22 abr. 2012.

KANDAVANAM, G.; BOTVICH, D.; BALASUBRAMANIAM, S. **An Optimization based Approach to Maximizing QoS Assurance for IPTV Triple Play Services on the Internet Backbone**. IEEE 34th Conference on Local Computer Networks (LCN 2009). Zürich, Switzerland: [s.n.]. 2009. p. 20-23.

KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by Simulated Annealing. **Science**, v. 220, n. 4598, p. 671-680, Maio 1983.

LIN, Yu-Min; **Tabu Search and Genetic Algorithms for Phylogeny Inference**. North Carolina State University. ProQuest, 2008. ISBN 1109005334, 9781109005332.

LINCK, I. C. D. C. **Um Sistema de Codificação de Vídeo para TV Digital - SBTVD**. Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PIPCA – Mestrado Acadêmico, Proposta de Dissertação. São Leopoldo. 2011.

LINDEN, G.; SMITH B.; YORK, J. Amazon. com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. **Internet Computing**, 2003. IEEE 7 (1), 76-80.

LINDER, R. Algoritmos Genéticos - Uma Importante Ferramenta da Inteligência Computacional. 2. ed. Rio de Janeiro: **Brasport**, 2008. ISBN 978-85-7452-373-6.

LINGO. **LINDO Systems - Optimization Software**. 2012. Disponível em: <<http://www.lindo.com>>. Acesso em: 15 out. 2012.

MANHÃES, M. A. R. et al. **Canal de Interatividade em TV Digital.**, Cad CPqD Tecnologia, páginas 29-36., 2005.

MENG, A. et al. Genetic Algorithm Based Multi-Agent System Applied to Test Generation. **Computers & Education**, v. 49, n. 4, p. 1205-1223, dez. 2007.

MICHALEWICZ, Z. Genetic Algorithms + Data Structures. Ed. 3. **Editora Springer**. 1996. Pág. 387. ISBN: 3540606769, 9783540606765.

MIYAZAWA, F. K. **Otimização Combinatória**, 2011. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~fkm/problems/combopt.html>>. Acesso em: 19 jul. 2011.

MOVIELENS. **Apresenta informações sobre o Movieles - Sistema de Recomendação**. 2012. Disponível em <<http://movielens.umn.edu/>> Acessado em: 20 abr. 2012.

OWL. **OWL Web Ontology Language**, 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

PAPADIMITRIOU, C. H. **Computational complexity**. [S.l.]: Addison-Wesley, 1994. ISBN 0201530821, 9780201530827.

PAPAIIOANNOU, G. E. W. J. M. **Fuzzy extensions to Integer Programming models of cell-formation problems in machine scheduling**. Annals of Operations Research, 166, 163-182. [S.l.]. 2008.

PINTO, I. I. B. S. **Um Modelo Computacional Para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos**. Campina Grande, PB: [s.n.]. 2009.

POLTOSI, M. R. **Elaboração de Escalas de Trabalho de Técnicos de Enfermagem com Busca Tabu e Algoritmo Genético**. Programa Interdisciplinar de

Pós-Graduação em Computação Aplicada – PIPCA – Mestrado Acadêmico, Dissertação de Mestrado. São Leopoldo. 2007.

PROTEGE. **Protégé**, 2011. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

RDF. **Resource Description Framework (RDF)**, 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/RDF/>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

REY-LÓPEZ, M. et al. **Entercaction Experiences: Engaging Viewers in Education through TV Programs**. Proc. of 4th European Conference on Interactive Television (EuroITV 2006). Athens, Greece: [s.n.]. 2006.

REEVES, C. **Genetic Algorithms**. In: **Glover, F., Kochenberger, G. A., Handbook of Metaheuristics**, Kluwer Academic Publishers, 2003.

RIBEIRO, H.; LOURENÇO, A.; BITAR, N. Arquitetura de um Set-top box Híbrido SBTVD-IPTV. **REVISTA DE RADIODIFUSÃO**, v. 03, n. 03, 2009. ISSN 2236-9619.

RYU, B.; KIM, C.-W. Optimum Memory Color Extraction for Digital TVs Based on Genetic Algorithm. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 57, n. 2, p. 638 - 645 , maio 2011. ISSN 0098-3063.

SANTOS, R. N.; AMARO, M. A. L.; LINO, N. C. Q. **Consulta Semântica na TV: Uma Abordagem de Consulta Semântica em Ambientes de Convergência (Web e TV)**. Escola Paraibana de Informática. Workshop de Pós-Graduação (WPG). João Pessoa: [s.n.]. 2011.

SIMAS, E. P. L. **Utilizando Busca Tabu na Resolução do Problema de Roteamento de Veículos**. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada. São Leopoldo, RS: [s.n.]. 2007.

SPARQL. **SPARQL Query Language for RDF**, 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>>. Acesso em: 14 jul. 2011.

TALBI, E. **Metaheuristics: From Design to Implementation**. ISBN: 0470278587. p. 624. United States: Ed. Wiley, 2009.

TSINARAKI, C.; POLYDOROS, P.; CHRISTODOULAKIS, S. **Integration of OWL ontologies in MPEG-7 and TV-Anytime compliant Semantic Indexing**. Proc. of 16th International Conference on Advanced Information Systems Engineering. [S.l.]: [s.n.]. 2004.

VALDESTILHAS, A. A. F. A.; CARVALHO, F. B. S.; ALENCAR, M. S. **Uma Abordagem Sobre Desenvolvimento Para Televisão Digital Interativa: Novos Conveitos e Ferramentas**. XI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web - WebMedia. [S.l.]: [s.n.]. 2005. p. 313-318.

VIANA, V. **Metaheurísticas e Programação Paralela em Otimização Combinatória**. Fortaleza: EUFC. 1998.

VICARI, R. M. et al. Proceedings of MASEIE. **The OBAA Proposal for Learning Objects Supported by Agents**, Toronto, Canadá, 2010.

VIEIRA, R. et al. **Web semântica, ontologias, lógica de descrição e inferências**. [S.l.]: Ed. Porto Alegre: SBC, Brasil. 2005.

WEISSHEIMER, C. H. **Aplicação de Metaheurísticas para o modelo Internet Protocol Television**. Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PIPCA – Mestrado Acadêmico, Proposta de Dissertação. São Leopoldo. 2011.

FORSTER, C. A. Q. **Página do Curso CTC-20 Estruturas Discretas**. 2009. Disponível em: <<http://www.comp.ita.br/~forster/CTC-20/>> Acesso em: 09 out. 2012.

XML. **Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition)**, 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/REC-xml/>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

ZHENGANG, D.; LINNING, C.; LI, Z. Improved Multi-Agent System for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. **TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY** , v. 14, n. 3, p. 407-412 , jun. 2009. ISSN 1007-0214 18/18.

APÊNDICES

APÊNDICE A – VALOR MÉDIO POR VARIÁVEL

Execução	vLD	vP1	vSD	vP2	vHD	aST	a51
1	0,210	1,240	2,050	5,300	12,880	0,770	0,530
2	0,670	1,000	3,460	5,510	12,070	0,380	0,380
3	0,720	1,400	2,130	5,020	10,030	0,390	0,390
4	0,030	1,260	3,040	6,990	10,130	0,740	0,660
5	0,750	1,000	2,440	6,730	12,720	0,390	0,420
6	0,300	1,500	2,990	7,490	11,860	0,470	0,580
7	0,110	1,260	3,490	5,030	10,020	0,450	0,390
8	0,160	1,010	2,010	6,100	13,590	0,440	0,550
9	0,210	1,110	2,890	7,460	11,750	0,390	0,440
10	0,080	1,430	3,510	5,300	12,990	0,700	0,540
11	0,110	1,550	2,010	6,190	13,750	0,570	0,390
12	0,740	1,550	2,020	6,110	13,660	0,600	0,590
13	0,650	1,230	2,020	6,120	11,260	0,410	0,490
14	0,270	1,180	2,030	5,140	10,460	0,730	0,530
15	0,690	1,160	2,010	5,790	10,020	0,460	0,500
16	0,150	1,010	3,780	5,010	10,050	0,690	0,750
17	0,520	1,040	2,970	7,170	12,120	0,590	0,670
18	0,040	1,470	2,550	5,020	10,020	0,510	0,450
19	0,580	1,010	2,030	5,020	13,830	0,590	0,650
20	0,300	1,090	2,020	6,080	12,150	0,560	0,380
21	0,580	1,000	3,300	5,360	12,940	0,610	0,490
22	0,570	1,470	2,500	5,050	10,490	0,590	0,550
23	0,590	1,000	2,660	5,040	10,050	0,390	0,560
24	0,710	1,420	2,010	5,920	12,650	0,410	0,770
25	0,090	1,050	2,280	7,460	10,080	0,650	0,680
26	0,170	1,120	3,640	5,020	11,910	0,530	0,770
27	0,410	1,030	3,330	7,560	10,630	0,650	0,670
28	0,410	1,010	2,030	6,520	13,720	0,390	0,390
29	0,140	1,480	2,600	5,040	11,520	0,710	0,530
30	0,670	1,000	2,950	5,040	12,070	0,750	0,530
31	0,520	1,370	3,210	7,080	13,680	0,540	0,500
32	0,460	1,010	2,520	7,190	12,480	0,430	0,760
33	0,710	1,070	3,040	5,050	11,280	0,480	0,420
34	0,140	1,000	3,010	5,330	13,070	0,530	0,430
35	0,750	1,450	2,630	6,760	10,020	0,650	0,510
36	0,140	1,360	2,960	5,030	10,410	0,500	0,690
37	0,050	1,010	3,670	5,000	10,050	0,560	0,590
38	0,280	1,320	2,700	7,240	10,090	0,640	0,430
39	0,730	1,300	3,140	5,180	10,080	0,540	0,390
40	0,220	1,250	3,850	5,040	12,870	0,530	0,380
41	0,730	1,480	2,460	7,250	12,330	0,470	0,760
42	0,070	1,000	2,550	6,720	10,080	0,660	0,610
43	0,350	1,010	2,300	7,380	10,020	0,510	0,600
44	0,360	1,420	3,700	5,310	10,060	0,410	0,580

45	0,160	1,000	2,010	5,030	13,710	0,390	0,540
46	0,260	1,000	2,430	5,030	10,810	0,390	0,500
47	0,730	1,180	3,160	6,400	11,580	0,650	0,410
48	0,070	1,520	2,090	6,310	11,850	0,660	0,580
49	0,060	1,330	2,720	5,010	10,060	0,670	0,510
50	0,680	1,010	3,660	7,080	10,700	0,390	0,740
51	0,510	1,260	2,910	5,640	10,090	0,380	0,680
52	0,560	1,410	3,680	5,820	10,080	0,640	0,620
53	0,670	1,000	3,040	5,020	10,030	0,670	0,640
54	0,760	1,150	2,460	5,020	13,550	0,400	0,700
55	0,320	1,010	2,010	5,260	10,420	0,650	0,650
56	0,660	1,010	2,010	5,040	10,070	0,400	0,710
57	0,460	1,110	3,840	7,430	12,950	0,390	0,390
58	0,490	1,420	2,020	7,380	10,340	0,380	0,570
59	0,070	1,050	2,720	5,030	10,030	0,500	0,560
60	0,010	1,000	2,010	6,150	13,140	0,600	0,450
61	0,110	1,390	2,000	7,150	10,030	0,760	0,480
62	0,300	1,500	3,080	7,440	10,700	0,480	0,740
63	0,610	1,250	2,340	5,010	11,720	0,640	0,680
64	0,570	1,370	2,870	7,300	10,460	0,390	0,720
65	0,660	1,450	2,430	6,960	12,080	0,390	0,440
66	0,250	1,030	2,370	5,160	10,190	0,770	0,420
67	0,430	1,140	2,330	5,020	10,010	0,530	0,380
68	0,360	1,060	2,420	7,000	10,020	0,620	0,580
69	0,240	1,130	2,520	5,710	10,020	0,480	0,680
70	0,590	1,360	2,470	5,020	10,080	0,570	0,680
71	0,710	1,000	3,610	5,000	12,020	0,630	0,390
72	0,380	1,150	2,010	5,540	11,810	0,390	0,520
73	0,080	1,120	3,350	7,130	10,000	0,560	0,500
74	0,240	1,110	3,600	7,730	11,090	0,540	0,530
75	0,750	1,510	2,340	6,140	13,860	0,440	0,380
76	0,140	1,350	2,630	7,180	10,610	0,710	0,540
77	0,500	1,510	3,190	5,030	10,020	0,720	0,550
78	0,330	1,530	2,840	6,740	13,990	0,480	0,740
79	0,510	1,010	3,150	6,410	10,610	0,500	0,530
80	0,510	1,010	3,230	6,290	10,690	0,470	0,530
81	0,590	1,100	3,190	7,160	10,760	0,400	0,690
82	0,570	1,050	3,150	5,040	12,140	0,660	0,500
83	0,750	1,500	2,070	5,010	10,090	0,680	0,390
84	0,130	1,510	2,010	6,820	10,720	0,680	0,720
85	0,420	1,490	2,010	5,790	10,080	0,560	0,540
86	0,390	1,000	2,280	7,360	13,970	0,390	0,390
87	0,770	1,000	2,200	5,030	13,480	0,560	0,640
88	0,040	1,240	2,010	6,360	10,020	0,680	0,460
89	0,610	1,070	3,880	7,420	10,070	0,610	0,610

90	0,160	1,500	2,660	5,850	12,310	0,650	0,390
91	0,190	1,060	2,180	6,460	10,130	0,530	0,450
92	0,240	1,500	2,790	5,010	10,070	0,660	0,460
93	0,050	1,280	2,010	6,750	10,930	0,390	0,530
94	0,290	1,480	2,510	6,740	10,020	0,380	0,670
95	0,100	1,060	2,010	5,030	12,390	0,430	0,660
96	0,750	1,260	3,420	7,570	11,640	0,470	0,720
97	0,090	1,270	2,000	5,710	10,020	0,390	0,560
98	0,460	1,350	3,580	5,460	13,160	0,390	0,460
99	0,150	1,210	3,420	6,360	12,060	0,510	0,390
100	0,580	1,350	2,020	6,560	13,490	0,670	0,390
Média	0,392	1,219	2,694	6,033	11,349	0,539	0,548

APÊNDICE B – MÉDIA HARMÔNICA DE 100 EXECUÇÕES PARA 15 CLIENTES

Execução	Algoritmo Genético	Busca Tabu	Algoritmo Híbrido
1	0,695	0,635	0,723
2	0,525	0,644	0,716
3	0,687	0,624	0,729
4	0,585	0,530	0,700
5	0,605	0,557	0,702
6	0,616	0,666	0,732
7	0,582	0,657	0,711
8	0,644	0,592	0,687
9	0,711	0,644	0,691
10	0,628	0,611	0,685
11	0,623	0,560	0,719
12	0,553	0,700	0,736
13	0,610	0,600	0,711
14	0,522	0,590	0,792
15	0,711	0,626	0,704
16	0,561	0,668	0,721
17	0,557	0,645	0,696
18	0,699	0,649	0,700
19	0,600	0,637	0,776
20	0,599	0,631	0,707
21	0,578	0,689	0,694
22	0,617	0,574	0,712
23	0,677	0,575	0,727
24	0,601	0,600	0,699
25	0,648	0,732	0,692
26	0,570	0,656	0,698
27	0,619	0,686	0,719
28	0,697	0,615	0,663
29	0,581	0,570	0,697
30	0,647	0,651	0,693
31	0,685	0,567	0,756
32	0,552	0,765	0,685
33	0,579	0,668	0,709
34	0,708	0,698	0,726
35	0,609	0,497	0,723
36	0,691	0,644	0,698
37	0,595	0,689	0,711
38	0,661	0,614	0,717
39	0,666	0,564	0,706
40	0,575	0,628	0,695
41	0,657	0,724	0,682
42	0,731	0,704	0,699

43	0,535	0,620	0,705
44	0,612	0,594	0,711
45	0,613	0,614	0,754
46	0,591	0,583	0,727
47	0,622	0,627	0,776
48	0,616	0,612	0,728
49	0,627	0,596	0,776
50	0,684	0,626	0,679
51	0,707	0,598	0,798
52	0,694	0,583	0,702
53	0,663	0,611	0,771
54	0,628	0,617	0,704
55	0,606	0,649	0,794
56	0,437	0,626	0,715
57	0,638	0,630	0,719
58	0,655	0,682	0,706
59	0,640	0,627	0,788
60	0,610	0,618	0,791
61	0,577	0,625	0,791
62	0,562	0,581	0,797
63	0,542	0,655	0,701
64	0,623	0,637	0,791
65	0,550	0,166	0,799
66	0,541	0,642	0,798
67	0,555	0,607	0,787
68	0,605	0,596	0,719
69	0,574	0,688	0,737
70	0,633	0,601	0,711
71	0,600	0,589	0,791
72	0,647	0,608	0,722
73	0,456	0,615	0,733
74	0,626	0,626	0,798
75	0,615	0,643	0,715
76	0,688	0,604	0,795
77	0,612	0,613	0,726
78	0,685	0,641	0,696
79	0,587	0,449	0,781
80	0,625	0,523	0,781
81	0,409	0,704	0,792
82	0,603	0,622	0,705
83	0,680	0,618	0,675
84	0,578	0,627	0,713
85	0,375	0,452	0,730
86	0,403	0,642	0,716
87	0,645	0,665	0,718

88	0,606	0,605	0,707
89	0,485	0,587	0,725
90	0,596	0,615	0,690
91	0,618	0,651	0,734
92	0,498	0,640	0,705
93	0,596	0,628	0,714
94	0,618	0,565	0,789
95	0,658	0,649	0,722
96	0,668	0,655	0,709
97	0,678	0,572	0,787
98	0,558	0,585	0,776
99	0,561	0,582	0,793
100	0,681	0,680	0,787
Média	0,609	0,617	0,730

**APÊNDICE C – MÉDIA HARMÔNICA DE 100 EXECUÇÕES PARA 1000
CLIENTES**

Execução	Algoritmo Genético	Busca Tabu	Algoritmo Híbrido
1	0,313	0,358	0,378
2	0,333	0,365	0,372
3	0,301	0,356	0,372
4	0,309	0,374	0,377
5	0,321	0,371	0,375
6	0,323	0,362	0,379
7	0,334	0,349	0,377
8	0,338	0,340	0,374
9	0,309	0,362	0,370
10	0,304	0,344	0,375
11	0,292	0,353	0,382
12	0,332	0,344	0,371
13	0,309	0,341	0,375
14	0,322	0,332	0,368
15	0,325	0,325	0,373
16	0,311	0,366	0,382
17	0,318	0,355	0,374
18	0,295	0,321	0,368
19	0,303	0,356	0,374
20	0,341	0,345	0,374
21	0,334	0,340	0,388
22	0,314	0,349	0,373
23	0,314	0,365	0,380
24	0,320	0,352	0,383
25	0,320	0,348	0,370
26	0,307	0,330	0,371
27	0,320	0,352	0,375
28	0,322	0,352	0,372
29	0,335	0,339	0,380
30	0,315	0,364	0,379
31	0,321	0,333	0,372
32	0,324	0,353	0,375
33	0,316	0,339	0,376
34	0,309	0,357	0,376
35	0,311	0,373	0,366
36	0,304	0,346	0,374
37	0,320	0,328	0,372
38	0,318	0,333	0,377
39	0,308	0,361	0,375
40	0,306	0,361	0,375
41	0,317	0,354	0,379
42	0,303	0,352	0,373
43	0,315	0,332	0,376

44	0,295	0,348	0,375
45	0,322	0,332	0,373
46	0,308	0,353	0,376
47	0,334	0,332	0,375
48	0,316	0,325	0,369
49	0,336	0,375	0,376
50	0,319	0,364	0,368
51	0,316	0,362	0,370
52	0,307	0,354	0,372
53	0,312	0,343	0,371
54	0,314	0,355	0,377
55	0,318	0,332	0,372
56	0,323	0,340	0,374
57	0,316	0,335	0,378
58	0,299	0,357	0,374
59	0,319	0,358	0,378
60	0,302	0,354	0,372
61	0,322	0,375	0,375
62	0,328	0,332	0,376
63	0,308	0,358	0,371
64	0,340	0,367	0,376
65	0,306	0,335	0,378
66	0,326	0,334	0,379
67	0,301	0,351	0,372
68	0,318	0,353	0,373
69	0,309	0,363	0,368
70	0,322	0,360	0,375
71	0,302	0,334	0,367
72	0,307	0,352	0,374
73	0,326	0,348	0,372
74	0,323	0,360	0,377
75	0,310	0,352	0,368
76	0,308	0,340	0,367
77	0,353	0,348	0,376
78	0,330	0,309	0,368
79	0,330	0,324	0,378
80	0,333	0,343	0,374
81	0,304	0,370	0,378
82	0,315	0,331	0,377
83	0,324	0,343	0,372
84	0,321	0,362	0,367
85	0,320	0,329	0,377
86	0,323	0,320	0,382
87	0,328	0,354	0,371
88	0,329	0,346	0,377

89	0,314	0,359	0,378
90	0,322	0,335	0,372
91	0,305	0,351	0,377
92	0,303	0,353	0,376
93	0,315	0,338	0,372
94	0,340	0,357	0,374
95	0,327	0,360	0,372
96	0,317	0,316	0,378
97	0,333	0,339	0,367
98	0,312	0,332	0,378
99	0,302	0,356	0,382
100	0,316	0,362	0,372
Média	0,317	0,348	0,374

**APÊNDICE D – RESULTADO COMPLETO PARA UM PROBLEMA COM 1000
CLIENTES**

Cliente	LD	P1	SD	P2	HD	ST (0-200)	A51 (0-200)	ST (201-400)	A51 (201-400)	ST (401-500)	A51 (401-500)
1	0,275	1,085	2,014	5,028	10,085	0,128	0,485	0,096	0,440	0,123	0,531
2	0,215	1,009	2,015	5,023	10,048	0,139	0,385	0,097	0,387	0,096	0,499
3	0,216	1,000	2,005	5,015	10,023	0,125	0,388	0,098	0,384	0,143	0,554
4	0,430	1,001	2,007	5,009	10,031	0,096	0,467	0,127	0,460	0,096	0,555
5	0,283	1,000	2,044	5,043	10,046	0,116	0,386	0,097	0,387	0,141	0,385
6	0,084	1,111	2,000	5,022	10,014	0,096	0,385	0,125	0,386	0,096	0,386
7	0,451	1,001	2,009	5,003	10,033	0,118	0,502	0,096	0,525	0,096	0,463
8	0,263	1,002	2,008	5,015	10,037	0,122	0,495	0,096	0,387	0,098	0,408
9	0,309	1,007	2,769	5,046	10,024	0,096	0,386	0,097	0,385	0,105	0,384
10	0,143	1,002	2,688	5,548	10,093	0,096	0,385	0,097	0,452	0,098	0,386
11	0,073	1,009	2,007	5,043	10,011	0,126	0,428	0,134	0,385	0,115	0,388
12	0,426	1,051	2,013	5,227	10,095	0,115	0,498	0,103	0,386	0,125	0,406
13	0,213	1,002	2,357	5,039	10,100	0,109	0,397	0,125	0,387	0,131	0,423
14	0,220	1,105	2,008	5,128	10,009	0,097	0,385	0,097	0,411	0,100	0,446
15	0,136	1,008	2,376	5,048	10,082	0,097	0,385	0,097	0,402	0,096	0,399
16	0,407	1,004	2,679	5,044	10,043	0,141	0,395	0,097	0,425	0,128	0,388
17	0,091	1,093	2,418	5,031	10,009	0,136	0,385	0,118	0,388	0,096	0,385
18	0,323	1,005	2,011	5,004	10,078	0,097	0,449	0,096	0,475	0,097	0,517
19	0,292	1,000	2,003	5,177	10,040	0,096	0,528	0,113	0,483	0,117	0,411
20	0,134	1,006	2,013	5,049	10,085	0,135	0,502	0,138	0,546	0,124	0,391
21	0,387	1,002	2,581	5,011	10,057	0,096	0,552	0,097	0,387	0,096	0,535
22	0,283	1,003	2,032	5,241	10,042	0,128	0,386	0,097	0,495	0,103	0,539
23	0,271	1,006	2,013	5,047	10,029	0,112	0,455	0,121	0,385	0,096	0,554
24	0,371	1,045	2,006	5,034	10,028	0,105	0,385	0,135	0,387	0,096	0,458
25	0,288	1,008	2,671	5,009	10,057	0,135	0,384	0,134	0,387	0,103	0,393
26	0,131	1,005	2,156	5,008	10,016	0,105	0,386	0,097	0,386	0,112	0,388

27	0,224	1,002	2,007	5,028	10,090	0,124	0,419	0,097	0,384	0,109	0,387
28	0,070	1,024	2,382	5,078	10,025	0,097	0,539	0,116	0,388	0,099	0,386
29	0,158	1,003	2,000	5,229	10,070	0,140	0,387	0,097	0,387	0,133	0,528
30	0,405	1,045	2,012	5,042	10,049	0,097	0,388	0,104	0,387	0,097	0,388
31	0,122	1,003	2,017	5,005	10,005	0,099	0,478	0,097	0,387	0,097	0,384
32	0,527	1,001	2,008	5,049	10,003	0,129	0,452	0,096	0,510	0,121	0,468
33	0,034	1,007	2,004	5,035	10,095	0,113	0,410	0,097	0,386	0,109	0,385
34	0,066	1,006	2,002	5,025	10,062	0,097	0,454	0,096	0,425	0,097	0,523
35	0,390	1,006	2,718	5,038	10,090	0,105	0,436	0,103	0,388	0,097	0,384
36	0,360	1,005	2,001	5,035	10,034	0,120	0,386	0,110	0,388	0,117	0,511
37	0,498	1,009	2,019	5,022	10,088	0,103	0,387	0,134	0,539	0,097	0,387
38	0,050	1,007	2,016	5,034	10,094	0,120	0,459	0,111	0,463	0,119	0,515
39	0,361	1,006	2,016	5,050	10,033	0,096	0,385	0,097	0,546	0,096	0,388
40	0,315	1,007	2,121	5,038	10,001	0,097	0,510	0,096	0,387	0,097	0,386
41	0,390	1,005	2,004	5,004	10,051	0,107	0,487	0,097	0,557	0,132	0,385
42	0,052	1,003	2,014	5,025	10,082	0,096	0,521	0,097	0,510	0,097	0,386
43	0,374	1,002	2,009	5,168	10,019	0,140	0,496	0,097	0,510	0,097	0,385
44	0,181	1,004	2,104	5,018	10,004	0,096	0,387	0,096	0,384	0,134	0,534
45	0,228	1,091	2,235	5,037	10,021	0,096	0,404	0,096	0,384	0,097	0,387
46	0,451	1,009	2,009	5,107	10,092	0,096	0,388	0,139	0,443	0,097	0,524
47	0,067	1,006	2,482	5,005	10,053	0,096	0,528	0,104	0,517	0,097	0,388
48	0,212	1,002	2,001	5,050	10,089	0,097	0,554	0,107	0,458	0,096	0,530
49	0,284	1,057	2,439	5,042	10,061	0,116	0,466	0,142	0,456	0,097	0,386
50	0,398	1,020	2,007	5,048	10,063	0,096	0,553	0,142	0,387	0,110	0,549
51	0,144	1,056	2,318	5,049	10,084	0,096	0,513	0,096	0,385	0,118	0,469
52	0,492	1,008	2,166	5,021	10,098	0,096	0,467	0,116	0,386	0,098	0,386
53	0,406	1,057	2,727	5,012	10,065	0,097	0,386	0,097	0,387	0,096	0,385

54	0,185	1,058	2,060	5,017	10,050	0,097	0,547	0,096	0,547	0,142	0,387
55	0,386	1,027	2,017	5,000	10,080	0,096	0,386	0,096	0,451	0,097	0,386
56	0,356	1,004	2,292	5,019	10,049	0,106	0,384	0,135	0,385	0,140	0,386
57	0,104	1,009	2,018	5,050	10,037	0,118	0,384	0,096	0,423	0,096	0,558
58	0,461	1,004	2,003	5,032	10,065	0,096	0,384	0,132	0,413	0,139	0,387
59	0,442	1,002	2,019	5,047	10,089	0,097	0,519	0,116	0,388	0,096	0,386
60	0,479	1,026	2,011	5,465	10,032	0,132	0,387	0,098	0,395	0,096	0,407
61	0,551	1,008	2,000	5,013	10,015	0,097	0,385	0,097	0,385	0,137	0,387
62	0,071	1,007	2,012	5,121	10,071	0,097	0,415	0,120	0,442	0,115	0,401
63	0,201	1,007	2,730	5,002	10,012	0,096	0,386	0,119	0,387	0,097	0,385
64	0,471	1,009	2,005	5,002	10,011	0,097	0,387	0,096	0,551	0,134	0,386
65	0,096	1,008	2,017	5,045	10,082	0,097	0,385	0,098	0,542	0,096	0,385
66	0,243	1,007	2,445	5,251	10,033	0,097	0,385	0,097	0,387	0,140	0,385
67	0,331	1,005	2,027	5,044	10,012	0,096	0,386	0,096	0,390	0,097	0,542
68	0,365	1,001	2,275	5,513	10,057	0,096	0,384	0,117	0,385	0,103	0,424
69	0,530	1,009	2,019	5,425	10,050	0,122	0,385	0,101	0,397	0,129	0,386
70	0,122	1,053	2,001	5,465	10,096	0,097	0,436	0,102	0,494	0,096	0,387
71	0,342	1,009	2,496	5,017	10,055	0,096	0,386	0,097	0,387	0,106	0,386
72	0,352	1,009	2,001	5,023	10,050	0,096	0,388	0,134	0,478	0,097	0,487
73	0,430	1,004	2,547	5,016	10,043	0,096	0,386	0,142	0,388	0,097	0,384
74	0,493	1,003	2,008	5,012	10,070	0,137	0,439	0,105	0,554	0,096	0,516
75	0,485	1,004	2,016	5,037	10,009	0,096	0,388	0,096	0,385	0,103	0,384
76	0,451	1,059	2,485	5,384	10,089	0,096	0,385	0,097	0,486	0,136	0,387
77	0,529	1,010	2,005	5,048	10,038	0,097	0,384	0,122	0,385	0,105	0,477
78	0,156	1,010	2,007	5,021	10,011	0,129	0,387	0,096	0,386	0,129	0,543
79	0,203	1,008	2,263	5,025	10,033	0,097	0,384	0,134	0,385	0,097	0,387
80	0,425	1,004	2,549	5,031	10,045	0,097	0,386	0,097	0,386	0,122	0,385

81	0,357	1,029	2,019	5,469	10,033	0,097	0,518	0,096	0,385	0,096	0,388
82	0,466	1,097	2,000	5,012	10,077	0,120	0,385	0,096	0,516	0,097	0,425
83	0,498	1,006	2,558	5,026	10,095	0,125	0,448	0,097	0,532	0,097	0,436
84	0,171	1,000	2,016	5,269	10,067	0,097	0,468	0,120	0,386	0,096	0,387
85	0,504	1,008	2,470	5,022	10,083	0,096	0,519	0,097	0,543	0,097	0,387
86	0,330	1,009	2,360	5,039	10,032	0,115	0,407	0,096	0,457	0,129	0,406
87	0,412	1,007	2,002	5,010	10,020	0,097	0,391	0,118	0,492	0,097	0,469
88	0,073	1,008	2,020	5,450	10,039	0,100	0,427	0,096	0,493	0,096	0,556
89	0,417	1,086	2,668	5,001	10,004	0,097	0,554	0,138	0,412	0,111	0,385
90	0,359	1,006	2,416	5,003	10,057	0,106	0,490	0,096	0,422	0,104	0,386
91	0,202	1,007	2,100	5,040	10,011	0,096	0,425	0,097	0,512	0,097	0,387
92	0,522	1,003	2,449	5,048	10,095	0,096	0,385	0,120	0,385	0,097	0,387
93	0,394	1,038	2,014	5,034	10,087	0,096	0,552	0,140	0,387	0,109	0,386
94	0,183	1,007	2,019	5,021	10,096	0,099	0,443	0,122	0,385	0,105	0,395
95	0,452	1,007	2,530	5,046	10,023	0,096	0,467	0,105	0,385	0,102	0,502
96	0,219	1,003	2,600	5,016	10,067	0,097	0,387	0,098	0,387	0,124	0,385
97	0,039	1,006	2,517	5,001	10,029	0,104	0,387	0,097	0,386	0,120	0,387
98	0,333	1,064	2,758	5,009	10,051	0,128	0,387	0,097	0,531	0,136	0,401
99	0,247	1,002	2,002	5,316	10,003	0,096	0,388	0,097	0,387	0,115	0,493
100	0,417	1,002	2,019	5,034	10,020	0,097	0,406	0,097	0,541	0,100	0,386
101	0,310	1,007	2,267	5,042	10,085	0,097	0,543	0,103	0,384	-	-
102	0,444	1,005	2,808	5,032	10,057	0,127	0,385	0,097	0,386	-	-
103	0,351	1,076	2,004	5,009	10,077	0,096	0,388	0,120	0,501	-	-
104	0,517	1,080	2,016	5,284	10,081	0,116	0,453	0,104	0,477	-	-
105	0,447	1,003	2,016	5,044	10,028	0,096	0,386	0,096	0,387	-	-
106	0,509	1,092	2,481	5,018	10,034	0,096	0,387	0,096	0,387	-	-
107	0,492	1,005	2,566	5,019	10,021	0,107	0,384	0,097	0,400	-	-

108	0,112	1,005	2,012	5,034	10,026	0,143	0,398	0,139	0,444	-	-
109	0,257	1,115	2,625	5,037	10,063	0,097	0,521	0,096	0,428	-	-
110	0,538	1,001	2,008	5,025	10,037	0,096	0,540	0,106	0,387	-	-
111	0,028	1,008	2,001	5,410	10,081	0,105	0,385	0,096	0,536	-	-
112	0,263	1,056	2,012	5,050	10,091	0,136	0,545	0,096	0,468	-	-
113	0,389	1,004	2,001	5,020	10,023	0,098	0,427	0,097	0,428	-	-
114	0,135	1,009	2,011	5,063	10,100	0,097	0,524	0,138	0,394	-	-
115	0,452	1,026	2,016	5,439	10,046	0,112	0,447	0,131	0,537	-	-
116	0,364	1,005	2,005	5,025	10,076	0,101	0,386	0,112	0,497	-	-
117	0,534	1,006	2,017	5,036	10,003	0,097	0,385	0,096	0,385	-	-
118	0,369	1,002	2,014	5,003	10,068	0,096	0,387	0,139	0,387	-	-
119	0,517	1,002	2,329	5,049	10,065	0,097	0,386	0,096	0,401	-	-
120	0,180	1,063	2,003	5,011	10,043	0,125	0,455	0,111	0,417	-	-
121	0,076	1,036	2,052	5,034	10,045	0,096	0,384	0,096	0,387	-	-
122	0,547	1,000	2,009	5,441	10,025	0,098	0,387	0,096	0,479	-	-
123	0,428	1,004	2,449	5,022	10,047	0,131	0,385	0,097	0,486	-	-
124	0,358	1,001	2,011	5,018	10,044	0,142	0,384	0,097	0,386	-	-
125	0,250	1,008	2,606	5,048	10,095	0,135	0,429	0,109	0,469	-	-
126	0,506	1,006	2,010	5,063	10,098	0,096	0,387	0,136	0,388	-	-
127	0,501	1,007	2,288	5,003	10,052	0,096	0,388	0,096	0,441	-	-
128	0,300	1,001	2,006	5,046	10,032	0,096	0,426	0,106	0,388	-	-
129	0,325	1,018	2,494	5,010	10,084	0,132	0,384	0,131	0,546	-	-
130	0,546	1,005	2,014	5,002	10,022	0,096	0,386	0,105	0,466	-	-
131	0,521	1,025	2,005	5,021	10,019	0,106	0,384	0,097	0,387	-	-
132	0,452	1,096	2,010	5,041	10,031	0,096	0,388	0,122	0,521	-	-
133	0,445	1,005	2,452	5,426	10,024	0,107	0,466	0,097	0,387	-	-
134	0,293	1,008	2,002	5,015	10,094	0,096	0,387	0,132	0,385	-	-

135	0,121	1,003	2,015	5,011	10,019	0,110	0,440	0,124	0,386	-	-
136	0,394	1,007	2,137	5,028	10,041	0,104	0,509	0,112	0,558	-	-
137	0,091	1,001	2,063	5,046	10,083	0,114	0,545	0,097	0,386	-	-
138	0,498	1,007	2,636	5,036	10,062	0,117	0,388	0,096	0,536	-	-
139	0,419	1,008	2,004	5,563	10,009	0,096	0,387	0,141	0,506	-	-
140	0,216	1,003	2,000	5,045	10,080	0,099	0,386	0,108	0,511	-	-
141	0,228	1,005	2,048	5,021	10,004	0,097	0,437	0,125	0,387	-	-
142	0,493	1,001	2,015	5,043	10,013	0,097	0,499	0,133	0,475	-	-
143	0,107	1,025	2,036	5,013	10,019	0,123	0,387	0,113	0,402	-	-
144	0,367	1,004	2,653	5,019	10,011	0,106	0,386	0,117	0,387	-	-
145	0,361	1,003	2,002	5,040	10,045	0,099	0,386	0,096	0,384	-	-
146	0,047	1,007	2,004	5,044	10,067	0,096	0,385	0,097	0,385	-	-
147	0,266	1,005	2,003	5,041	10,001	0,096	0,385	0,103	0,386	-	-
148	0,257	1,009	2,345	5,031	10,065	0,096	0,386	0,108	0,387	-	-
149	0,377	1,003	2,015	5,006	10,008	0,096	0,469	0,109	0,384	-	-
150	0,053	1,004	2,129	5,013	10,069	0,096	0,386	0,097	0,385	-	-
151	0,292	1,001	2,011	5,040	10,035	0,096	0,406	0,097	0,531	-	-
152	0,356	1,003	2,020	5,020	10,084	0,096	0,387	0,096	0,548	-	-
153	0,343	1,071	2,030	5,043	10,030	0,097	0,384	0,123	0,386	-	-
154	0,308	1,021	2,002	5,008	10,031	0,097	0,385	0,097	0,544	-	-
155	0,544	1,000	2,120	5,005	10,091	0,096	0,387	0,097	0,387	-	-
156	0,137	1,009	2,011	5,021	10,006	0,137	0,411	0,100	0,554	-	-
157	0,246	1,008	2,553	5,028	10,003	0,136	0,385	0,139	0,384	-	-
158	0,138	1,009	2,447	5,250	10,098	0,096	0,385	0,097	0,386	-	-
159	0,533	1,004	2,306	5,573	10,089	0,105	0,387	0,124	0,387	-	-
160	0,095	1,007	2,759	5,003	10,013	0,131	0,449	0,137	0,387	-	-
161	0,088	1,003	2,291	5,027	10,067	0,097	0,394	0,130	0,385	-	-

162	0,524	1,009	2,018	5,032	10,075	0,106	0,385	0,109	0,549	-	-
163	0,514	1,003	2,001	5,038	10,082	0,096	0,388	0,097	0,542	-	-
164	0,313	1,009	2,480	5,033	10,066	0,122	0,407	0,096	0,386	-	-
165	0,107	1,000	2,001	5,023	10,032	0,140	0,384	0,097	0,464	-	-
166	0,253	1,000	2,654	5,013	10,074	0,105	0,414	0,097	0,386	-	-
167	0,429	1,029	2,006	5,001	10,033	0,128	0,386	0,139	0,531	-	-
168	0,397	1,099	2,008	5,447	10,027	0,101	0,510	0,099	0,384	-	-
169	0,278	1,006	2,015	5,015	10,029	0,110	0,438	0,116	0,452	-	-
170	0,475	1,009	2,003	5,000	10,006	0,096	0,388	0,097	0,446	-	-
171	0,426	1,062	2,019	5,039	10,056	0,111	0,546	0,129	0,546	-	-
172	0,315	1,017	2,010	5,015	10,036	0,096	0,475	0,099	0,385	-	-
173	0,388	1,005	2,462	5,185	10,007	0,096	0,387	0,097	0,386	-	-
174	0,046	1,006	2,395	5,004	10,085	0,142	0,385	0,106	0,408	-	-
175	0,196	1,008	2,011	5,035	10,054	0,096	0,462	0,097	0,517	-	-
176	0,457	1,000	2,010	5,090	10,040	0,096	0,434	0,113	0,438	-	-
177	0,548	1,010	2,589	5,046	10,093	0,097	0,385	0,103	0,433	-	-
178	0,293	1,097	2,005	5,032	10,038	0,117	0,485	0,123	0,386	-	-
179	0,137	1,002	2,352	5,000	10,026	0,097	0,387	0,123	0,532	-	-
180	0,088	1,003	2,275	5,061	10,024	0,097	0,472	0,137	0,530	-	-
181	0,405	1,004	2,000	5,527	10,017	0,104	0,386	0,097	0,466	-	-
182	0,063	1,007	2,006	5,001	10,054	0,096	0,386	0,097	0,541	-	-
183	0,535	1,004	2,016	5,004	10,094	0,097	0,443	0,128	0,416	-	-
184	0,144	1,001	2,380	5,026	10,079	0,097	0,446	0,127	0,498	-	-
185	0,472	1,005	2,227	5,010	10,037	0,125	0,387	0,115	0,384	-	-
186	0,298	1,002	2,160	5,048	10,052	0,097	0,387	0,097	0,513	-	-
187	0,197	1,003	2,015	5,000	10,005	0,097	0,530	0,097	0,386	-	-
188	0,166	1,005	2,419	5,012	10,005	0,103	0,539	0,097	0,397	-	-

