

## UM SISTEMA PARA OTIMIZAÇÃO E SUGESTÃO DE CONTEÚDO APLICADO AO SERVIDOR MULTIMÍDIA DO SBTVD

**Arthur Tórgo Gómez**

Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei – São Leopoldo/RS  
atgomezbr@gmail.com

**Toni Ismael Wickert**

Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei – São Leopoldo/RS  
toniwickert@gmail.com

**José Vicente Canto dos Santos**

Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei – São Leopoldo/RS  
jvcanto@unisinos.br

### RESUMO

A televisão analógica aberta atinge cerca de 95% 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, dentre outros. Esse trabalho propõe o desenvolvimento e a implementação de uma arquitetura que contempla um módulo com o objetivo de sugerir conteúdos ao usuário de acordo com o seu perfil e outro módulo para otimizar o conteúdo que será transmitido. A implementação foi desenvolvida utilizando ontologias, agentes de *software*, Busca Tabu (BT), Algoritmo Genético (AG) e Algoritmo Híbrido (AH). A validação dos resultados é feita através de uma métrica.

**PALAVRAS CHAVE:** metaheurísticas, ontologias, agentes de *software*.

**TEL&SI - PO em Telecomunicações e Sistemas de Informações**

**MH - Metaheurísticas**

### ABSTRACT

The open analogic television arrives on approximately 95% of Brazilian homes. With the advent of the Brazilian Digital Television System, users will be able to have an interactive channel by the utilization of the digital television. Thus, will be possible to access the multimedia application server, i.e., to send or to receive emails, to access interactive applications, to watch movies or specific news. This paper proposes the development and the implementation of an architecture that includes a module that suggests content to the user according to his profile and another module to optimize the content that will be transmitted. The implementation was developed using ontologies, software agents, Tabu Search, Genetic Algorithm and Hybrid Algorithm. The validations of the results are done using a metric.

**KEYWORDS.** metaheuristics, ontologies, software agents.

### 1. Introdução

Atualmente, no Brasil, a televisão aberta é o mais importante meio de acesso à informação. Dos 58,4 milhões de lares, 55,4 milhões tem pelo menos um aparelho receptor. Ou

seja, a televisão aberta chega a atingir em torno de 95% dos lares brasileiros (Bip, 2001).

Com o advento da televisão digital ocorre 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 (Carvalho, 2006).

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).

O objetivo desse trabalho é a implementação de um sistema dividido em dois módulos. No módulo de sugestão de conteúdo são utilizados agentes de *software* e ontologias para classificar o conteúdo e cruzar com o perfil do usuário para lhe sugerir conteúdo adequado. Já no módulo de transmissão de conteúdo são usados outros agentes de *software* que junto com aplicações da Busca Tabu (BT), do Algoritmo Genético (AG) e de um Algoritmo Híbrido (AH) definirão 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 serão transmitidos, dentre outros.

Esse artigo está estruturado como segue. Na seção 2 são apresentados trabalhos relacionados. Na seção 3 é apresentada a arquitetura da solução proposta. Na seção 4 são mostrados os resultados obtidos. Já na seção 5 são apresentadas as conclusões, contribuições e trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos Relacionados

Nessa seção serão apresentados trabalhos que utilizaram tecnologias que são abordadas nesse trabalho. Serão apresentados trabalhos que abordam sistemas de recomendação, ontologias para sugestão de conteúdo para TV Digital juntamente com agentes de *software* e outros trabalhos que usam metaheurísticas para otimização de parâmetros de transmissão. Não foi encontrado na literatura um trabalho que abordasse todas as tecnologias aplicadas neste trabalho.

### 2.1. 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.

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).

## 2.1. Ontologias

Dentro do 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 Fernandez 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 1 mostra a estrutura da ontologia que foi montada, 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. Devido ao foco principal do artigo ser a otimização da transmissão do conteúdo optou-se pela diminuição do escopo da área de conhecimento, apenas para cinema.

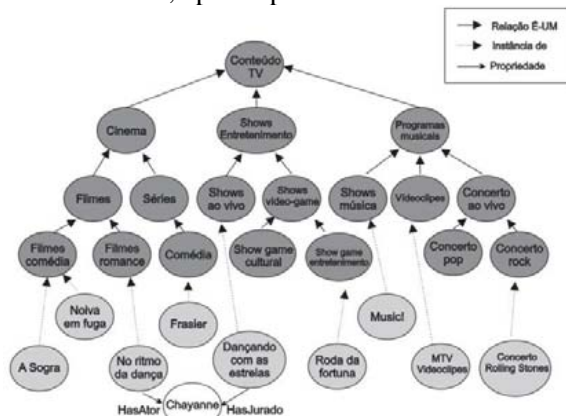


Fig. 1. Estrutura da Ontologia do Avatar

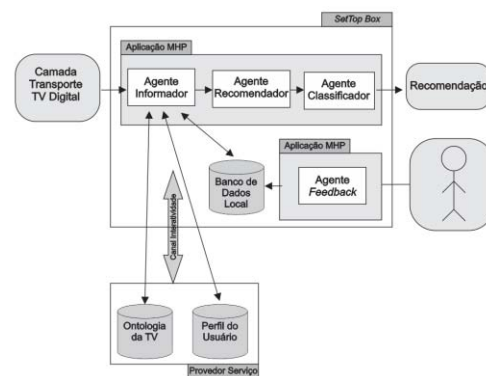


Fig. 2. Estrutura da Agentes do Avatar

A Figura 2 mostra a arquitetura proposta 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 através da similaridade semântica hierárquica e através da similaridade semântica inferencial.

A similaridade semântica hierárquica leva em consideração a hierarquia É-UM. No caso do ancestral comum ser um nível anterior à similaridade é grande e quanto mais distante menor é a similaridade. No exemplo da Figura 1, pode-se observar que existe similaridade entre os filmes Noiva em Fuga e No Ritmo da Dança, pois possuem o ancestral com um 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 2, é possível observar similaridade entre o filme No Ritmo da Dança com o programa Show ao Vivo, 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.

No artigo de Rey-Lopez 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 a 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

## 2.2. Metaheurísticas

As metaheurísticas vêm sendo usadas em uma série de problemas de otimização combinatória. Gendreau, Laporte e Potvin (2002), Simas (2007) aplicaram metaheurísticas para o problema de roteamento de veículos. Já Chung, et al. (2010), Gonçalves e Mauricio (2004), Gonçalves e Tiberti (2006) fizeram o uso de metaheurísticas aplicadas ao problema de formação de células de manufatura.

As metaheurísticas usadas nesse trabalho são a Busca Tabu proposta por Fred Glover em 1986 (Glover, 1986), o Algoritmo Genético proposto por John Holland em 1975 (Holland, 1975) e um Algoritmo Híbrido, apresentado neste trabalho, que faz a combinação entre AG e BT.

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 Link (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 inerente a arquitetura dos sistemas de codificação e decodificação de sinais de vídeo.

A Tabela 1 mostra uma comparação entre alguns trabalhos encontrados na literatura, pode-se observar que nas abordagens dos demais autores é feita ou a sugestão de conteúdo ou a otimização da transmissão. Já na abordagem desse trabalho é feita tanto a sugestão quanto a otimização da transmissão do conteúdo até o usuário final.

Tabela 1. Comparação de trabalhos relacionados

Autor	Sugestão	Otimização
Rey-Lopez, et al. (2006)	X	
Fernández, et al. (2006)	X	
Araújo e Ricarte (2010)	X	
Tsinaraki, Polydoros e Christodoulakis (2004)	X	
Kandavanam, Botvich e Balasubramaniam (2009)		X
Weissheimer (2011)		X
Link (2011)		X
Nossa Abordagem	X	X

### 3. Arquitetura da Solução Proposta

Com o SBTVD é possível termos um canal de interatividade, desde que se tenha conexão de internet para realizar a comunicação com a emissora. Partindo dessa premissa, e que existe 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 (CPqD, 2006).

A partir disso, foram criadas duas ontologias. A primeira, que tem como objetivo fazer uma classificação do conteúdo existente no servidor de aplicações multimídia. Por exemplo, fazer a classificação dos filmes por gênero, principais autores do filme, ano de lançamento, etc. A segunda, que 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, dentre outros.

Dessa forma, com estas 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, pesquisar o conteúdo disponível no servidor de aplicações multimídia e enviar essa sugestão para o usuário. Essas sugestões são enviadas em um intervalo de tempo que pode ser determinado pela emissora.

Após o usuário aceitar uma sugestão de conteúdo, é estabelecido um canal de comunicação entre servidor de aplicação multimídia e o usuário. Por outro lado, o agente otimizador, que é executado de tempos em tempos no servidor, determina a forma mais otimizada para transmitir esse conteúdo do servidor até o usuário final. Esse agente roda as metaheurísticas que determinam os parâmetros e a melhor política para a transmissão de acordo com o perfil definido pelas ontologias.

A Figura 3 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 conhecer o perfil, 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 tem-se 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 nas 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, ao final da transmissão o canal de transmissão é encerrado e o perfil do usuário é atualizado com o filme que ele assistiu.

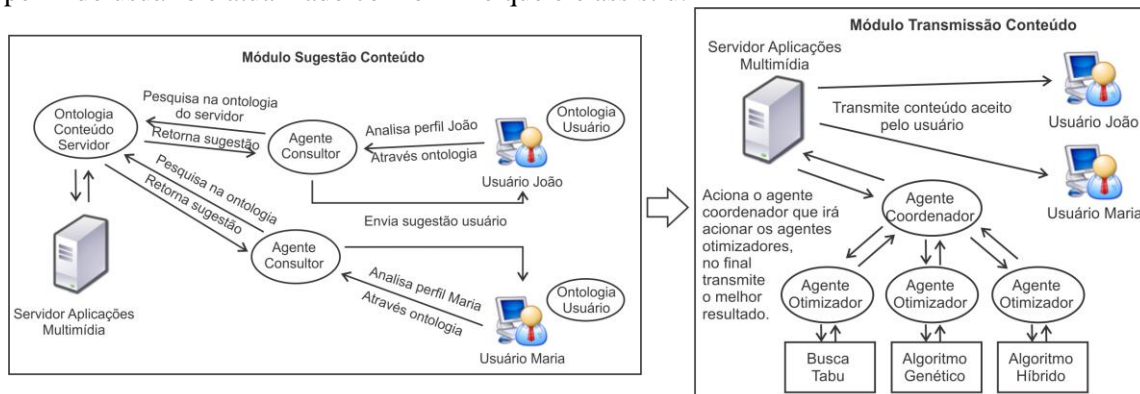


Fig. 3. Comunicação da Emissora com o Usuário

### 3.1. Ontologia do Servidor de Aplicações Multimídia e do Usuário

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

A ontologia do usuário tem como objetivo descrever o perfil dos usuários que se conectam no servidor. Devido a grande quantidade de dados que podem ser descritos sobre um usuário o escopo foi limitado a algumas informações consideradas relevantes.

A Figura 4 mostra a ontologia do servidor de aplicações multimídia em conjunto com a ontologia do usuário. Os círculos claros indicam as classes da ontologia, já os círculos escuros indicam as instâncias das classes.

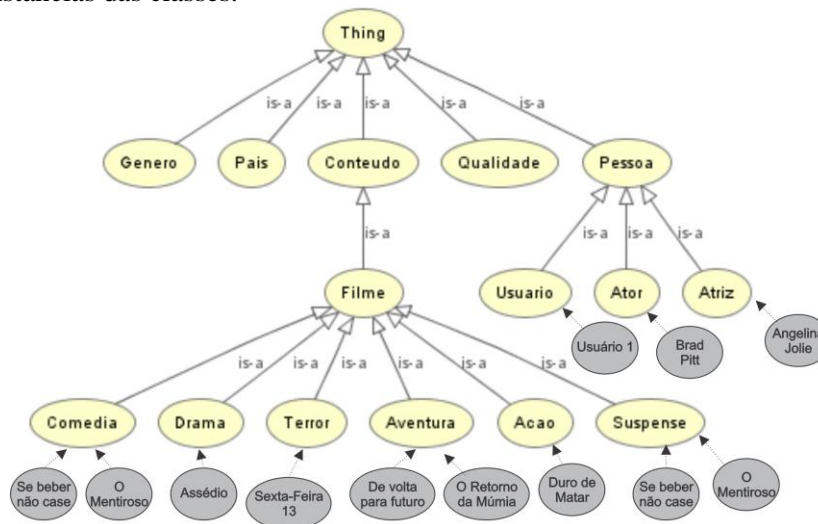


Fig. 4. Estrutura da Ontologia

### 3.2. Formulação Matemática

Nessa seção é 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. 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 um problema de *Job Shop Scheduler* (Papaioannou e Wilson 2008).

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

Sujeito a:

$$0,01 \leq vLD \leq 1,00 \quad (2)$$

$$1,00 \leq vP1 \leq 2,00 \quad (5)$$

$$2,00 \leq vSD \leq 5,00 \quad (3)$$

$$5,00 \leq vP2 \leq 10,00 \quad (6)$$

$$10,00 \leq vHD \leq 18,00 \quad (4)$$

$$0,096 \leq aST \leq 0,256 \quad (7)$$

$$0,384 \leq a51 \leq 1,00 \quad (8)$$

$$LB = 500 \quad (9)$$

$$\alpha + \delta + \beta + \omega + \gamma + \theta + \rho > 0 \quad (10)$$

$$nLD, nSD, nHD, nP1, nP2, nST, n51 \in Z^+ \quad (11)$$

$$\left( \sum_{n=1}^{nLD} vLD_{[n]} \right) + \left( \sum_{n=1}^{nSD} vSD_{[n]} \right) + \left( \sum_{n=1}^{nHD} vHD_{[n]} \right) + \left( \sum_{n=1}^{nP1} vP1_{[n]} \right) + \left( \sum_{n=1}^{nP2} vP2_{[n]} \right) + \left( \sum_{n=1}^{nST} aST_{[n]} \right) + \left( \sum_{n=1}^{n51} a51_{[n]} \right) \leq LB \quad (12)$$

Onde:

- LB = largura de banda total da emissora;
- vLD = qualidade de vídeo LD;
- vP1 = qualidade de vídeo P1;
- vSD = qualidade de vídeo SD;
- vP2 = qualidade de vídeo P2;
- vHD = qualidade de vídeo HD;
- aST = qualidade de áudio estéreo;
- a51 = qualidade de áudio multicanal 5.1;
- nLD = n°. de clientes conectados como LD;
- nP1 = n°. de clientes conectados como P1;
- nSD = n°. de clientes conectados como SD;
- nP2 = n°. de clientes conectados como P2;
- nHD = n°. de clientes conectados como HD;
- nST = n°. de clientes conectados como áudio estéreo;
- n51 = n°. de clientes conectados como áudio 5.1;
- $\alpha$  = nível de importância da transmissão LD;
- $\delta$  = nível de importância da transmissão P1;
- $\beta$  = nível de importância da transmissão SD;
- $\omega$  = nível de importância da transmissão P2;
- $\gamma$  = nível de importância da transmissão HD;
- $\theta$  = nível de importância da transmissão Áudio Estéreo;
- $\rho$  = 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 2 a 12. As equações (2) a (8) 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 de acordo com o tipo de transmissão SD, LD, HD, P1 e P2. A equação (9) restringe a Largura de Banda (LB) disponível no servidor de aplicações multimídia da emissora. Na equação (10) são definidos os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\omega$ ,  $\theta$ ,  $\rho$  que devem ser maior ou igual a zero. Quando usados com valor igual a um eles não tem influência sobre a fórmula, contudo, 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 (11) é usada para definir um número variado de clientes para fazer experimentos até onde o servidor de aplicações multimídia conseguirá atender os clientes com qualidade dentro do mínimo estabelecido. Na equação (12) 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 1Mb, conforme a norma estabelecida pelo (CPqD, 2006) que define o fluxo de áudio entre o intervalo de 0,096Mbs e 0,256Mbs para transmissão estéreo e de 0,384 até 1Mb 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.

#### 4. Resultados

Os experimentos para a validação do módulo de sugestão de conteúdo foi feita através de simulações e análise dos requisitos para verificar se o sistema está sugerindo conteúdo corretamente de acordo com o perfil do usuário. Foram criados três perfis de usuários com gostos diferentes sobre filmes, também foram cadastrados vários filmes e gêneros de modo que o perfil do usuário possa ser cruzado com o banco de dados dos filmes.

O módulo de transmissão de conteúdo foi validado através da média harmônica calculada sobre os resultados gerados pelo *software* Lingo (Lingo, 2012) e pelas metaheurísticas Algoritmo Genético, Busca Tabu e Algoritmo Híbrido.

##### 4.1. Módulo Sugestão Conteúdo

Para realizar os testes, uma lista de filmes foi cadastrada e foram criados alguns usuários com diferentes perfis. A Tabela 2 mostra o perfil do usuário com os gêneros preferidos

dele e os filmes que ele já assistiu. A Tabela 3 mostra os filmes que o sistema sugeriu de acordo com o perfil do usuário. Pode-se observar que o agente consultor sugeriu o conteúdo de acordo com o gênero preferido do usuário.

Tabela 2. Lista de Usuários

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

Tabela 3. Lista de Sugestões

Usuário	Filmes Sugeridos
João	Senhor e Senhora Smith
João	Matrix
João	Ace Aventura
João	Duro de Matar
João	Todo Poderoso
João	Se Beber Não Case
Maria	Alma Perdida
Maria	O Código de Da Vinci
Maria	Carandiru
Maria	Assassinato no Presídio
Maria	Gritos Mortais
Maria	A Bolha
Maria	Assédio
Paulo	Senhor e Senhora Smith
Paulo	Matrix
Paulo	Alma Perdida
Paulo	Ace Aventura

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. Em trabalhos futuros pretende-se melhorar o algoritmo de sugestão de conteúdo, conforme já foi estudado por outros autores em trabalhos na literatura como Fernandez et al. (2006), De Paula, Villaça e Magalhães (2011). A seguir são apresentados os passos implementados para a sugestão de conteúdo usando SPARQL (SPARQL, 2008) para realizar as consultas de autenticação e sugestão do conteúdo. São apresentadas algumas telas do sistema e o pseudocódigo das consultas SPARQL.

Passo 1: A Figura 5 mostra a tela de autenticação do sistema e a Figura 6 mostra a consulta SPARQL para autenticar o usuário. No caso da senha, optou-se por criptografar usando MD5.

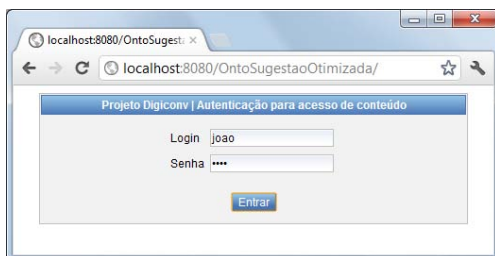


Fig. 5. Tela de autenticação

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

Fig. 6. Autenticação do usuário

Passo 2: A Figura 7 mostra a consulta realizada na ontologia do usuário para descobrir quais os seus gêneros preferidos.

```
SELECT ?o
WHERE {
  ?s w:hasGeneroPreferido ?o .
}
```



```
?o w:hasNomeGeneroValue ?n .
?s w:hasLoginValue :login
}
```

Fig. 7. Consulta gêneros do usuário

Passo 3: Uma vez com a lista de gêneros preferidos do usuário, é selecionada na ontologia do servidor os filmes disponíveis, sendo que eles são ordenas pela taxa de avaliação. Ou seja, a média das notas dadas de 0 a 10 de todos usuários. A consulta é mostrada na Figura 8.

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

Fig. 8. Consulta filmes disponíveis

Passo 4: A Figura 9 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, por exemplo, o mesmo ator ou a mesma atriz. A consulta que busca filmes com uma determinada atriz é mostrada na Figura 10.

<pre>SELECT ?n WHERE {   ?s w:hasFilmeGostou ?o .   ?o w:hasNomeValue ?n .   ?s w:hasLoginValue :login }</pre>	<pre>SELECT ?n WHERE {   ?s ?p w:Filme .   ?s w:hasNomeValue ?n .   ?s w:hasAtriz ?a .   ?a w:hasNomeValue ?o .   filter ( ?o = :listaAtrizes) }</pre>
--	--

Fig. 9. Consulta filmes usuário gostou

Fig. 10. Consulta Filmes por Atriz

Passo 5: A sugestão é enviada ao usuário. Sendo que ele pode aceitar uma das sugestões. No caso do aceite o filme é transmitido ao usuário, conforme mostra a Figura 11 e a ontologia do usuário é atualizada com o filme assistido conforme o código-fonte da Figura 12. Além disso, pode-se observar na Figura 11 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.



Fig. 11. Usuário assistindo filme

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

Fig. 12. Atualização ontologia

#### 4.2. Módulo Otimização Conteúdo

Esse módulo roda de tempos em tempos no servidor de aplicações multimídia. Ele 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 e de acordo com os perfis dos usuários conectados.

A Tabela 4 mostra o primeiro experimento realizado com o Algoritmo Híbrido com uma instância pequena do problema, 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 69,504 Mbit/s e a média harmônica é de 0,723 Mbit/s.

Tabela 4. Tabela com as taxas de transmissão

ALGORITMO HÍBRIDO										Harmônica	Nro Clientes	
LD	0,732	0,772	0,581							0,685	3	
P1	1,216	1,252	1,604							1,337	3	
SD	2,754	2,601	2,019							2,414	3	
P2	5,106	7,242	5,023							5,628	3	
HD	10,100	10,664	10,666							10,470	3	
ST	0,180	0,200	0,206	0,199	0,191					0,195	5	
A51	0,480	0,554	0,727	0,676	0,576	0,765	0,703	0,595	0,598	0,522	0,607	10
										<b>69,504</b>	<b>0,723</b>	<b>15</b>

A Figura 13 mostra através de um gráfico o valor da métrica, ou seja, a média harmônica dos resultados obtidos pelo Lingo, AG, BT e AH da mesma instância do problema citado na Tabela 4. Pode-se observar que o pior resultado obtido foi pelo Lingo. Já a BT e o AG obtiveram resultados semelhantes. O AH obteve o melhor desempenho com uma média harmônica da taxa de transmissão de 0,723 Mbit/s.

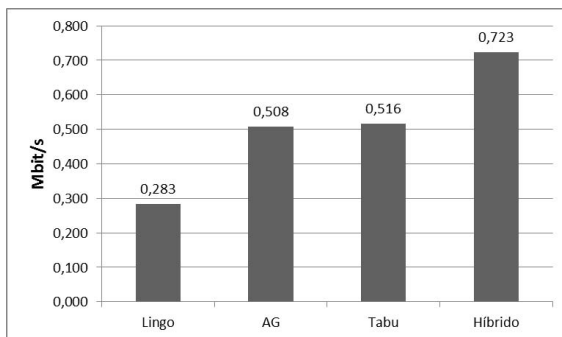


Fig. 13. Métrica aplicada nos resultados

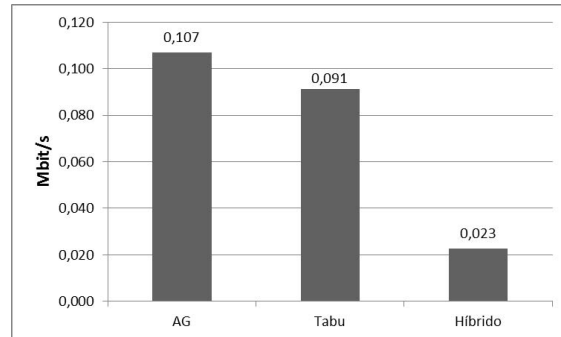


Fig. 14. Desvio padrão das metaheurísticas

O gráfico da Figura 14 mostra o desvio padrão obtido por cada metaheurística. Novamente, o AH obteve o melhor resultado sendo que desvio padrão do AH foi de 0,023 Mbit/s, da BT de 0,091 Mbit/s e do AG de 0,107 Mbit/s.

Também foram realizados testes com instâncias de 30 clientes. Em um dos casos limitou-se a largura de banda do servidor em 120 Mbit/s e na outra instância limitou-se a largura de banda em 200 Mbit/s. A Figura 15 mostra o valor da FO do Lingo, AG, TB e AH que foi 120,00, ou seja, os algoritmos distribuíram o total da largura de banda entre os clientes da forma mais justa possível. No segundo caso, quando a largura de banda foi aumentada para 200 Mbit/s os resultados das FOs foram 200,00, 199,72, 199,53 e 199,51. 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.

Além das instâncias citadas, as metaheurísticas foram testadas com uma instância contendo 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. A Figura 16 mostra a média harmônica dos resultados obtidos por cada metaheurística, novamente o AH obteve o melhor resultado com taxa harmônica de transmissão de 0,426 Mbit/s, sendo que o AG e BT obtiveram resultados muito próximos com taxas de transmissão harmônicas de 0,407 Mbit/s e 0,406 Mbit/s, respectivamente.

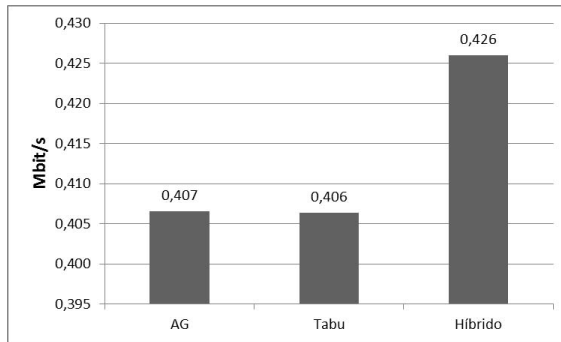
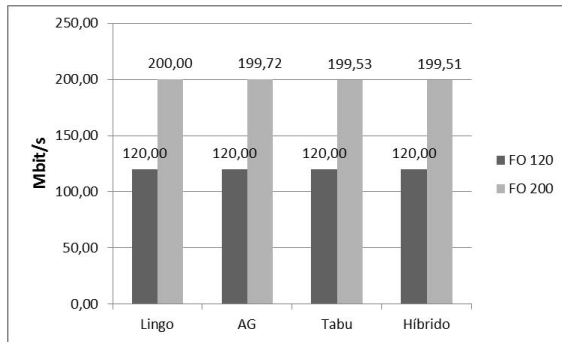


Fig. 15. Comparação entre FO de duas instâncias

Fig. 16. Métrica aplicada nos resultado

#### 4. Conclusões

Esse trabalho apresentou uma arquitetura de um sistema para otimização e sugestão de conteúdo aplicado ao servidor multimídia do SBTVD. 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 o conteúdo que será transmitido para o usuário. Através da implementação e dos experimentos que foram realizados, observou-se que foi possível atender aos requisitos especificados. Os experimentos mostraram que a sugestão de conteúdo ocorreu conforme o perfil do usuário. No módulo de otimização de conteúdo as metaheurísticas obtiveram bons resultados comparados com o método exato aplicado, através do *software* Lingo. O Algoritmo Híbrido (AH) obteve os melhores resultados tanto no valor da média harmônica, que foi utilizada como métrica, como no valor do desvio padrão.

Como contribuições desse trabalho pode-se destacar a proposta de uma metodologia para sugerir conteúdo adequado aos usuários usando ontologias e agentes de *software* aplicada a uma arquitetura do canal de retorno do SBTVD. O desenvolvimento de três algoritmos (AG, BT e AH) aplicados ao modelo de transmissão de conteúdo do servidor de aplicações multimídia, além da avaliação quantitativa feita através da métrica para avaliar a qualidade dos resultados.

Como trabalhos futuros pretende-se desenvolver um algoritmo mais complexo para sugestão de conteúdo conforme proposto na literatura por Fernandez et al. (2006), De Paula, Villaça e Magalhães (2011). Além disso, pretende-se realizar novos experimentos com as metaheurísticas utilizando novos operadores de mutação, cruzamento e intensificação com o objetivo de melhorar os resultados encontrados até o momento.

#### Referências

- Araújo, R. C., Ricarte, I. L. M.** (2010), Ontologias Para Integração de Metadados da Indústria de Broadcast Multimídia no Contexto da TV Digital. *Revista de Radiodifusão*, n. 4.
- Bip** (2001), Boletim de Informação Para Publicitários. Disponível em: <<http://comercial2.redeglobo.com.br/biponline/BIP/BIP%20577.pdf>>. Acessado em Maio, 2011.
- Barcellos, C. D. et al.** (2007) 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.** (2006), Aplicação de Transmissão de Dados via Rede Elétrica Para o Canal de Retorno em Televisão Digital, Campina Grande, PB.
- Cazella S. C., et al.** (2008) 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.
- Chung, Shu-Hsing, WU, Tai-His, Chang, Chin-Chih.** (2010), An efficient tabu search algorithm to the cell formation problem with alternative routings and machine reliability considerations. *Computers & Industrial Engineering*, In Press, Corrected Proof, Available online 31 August 2010, ISSN 0360-8352, DOI: 10.1016/j.cie.2010.08.016.

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

**De Paula, L., Villaça, R., Magalhães, M.** (2011), Organization of multimedia data for conceptual search based on ontologies. *Journal of the Brazilian Computer Society*. Springer London. Volume 17. Pág. 241-254. Issn: 0104-6500.

**Fernández, Y., Arias, J., Nores, M.,; Solla, A., Cabrer, M.** (2006), Avatar: An Improved Solution for Personalized TV based on Semantic Inference. *IEEE Trans. on Consumer Electronics*: Vol. 52(1).

**Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J. Y.** (2002), Metaheuristics for the Capacitated VRP. In: TOOTH, P.; VIGO, D. The Vehicle Routing Problem. Philadelphia: *Society for Industrial and Applied Mathematics*.

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

**Gonçalves, J. F., Mauricio, G. C.** (2004), An evolutionary algorithm for manufacturing cell formation, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 47, Issues 2-3, November 2004, Pages 247-273, ISSN 0360-8352, DOI: 10.1016/j.cie.2004.07.003.

**Gonçalves, F. E. V., Tiberti, A. J.,** (2006), A group genetic algorithm for the machine cell formation problem. *International Journal of Production Economics*, v. 102, 1-21.

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

**Kandavanam, G., Botvich, D., Balasubramaniam, S.,** (2009), 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. p. 20-23.

**Lingo,** (2012), Site oficial do Lingo. Disponível em: <<http://www.lindo.com>>. Acessado em Fevereiro, 2012.

**Link, I. C. D. C.** (2011), Um Sistema de Codificação de Vídeo para TV Digital - SBTVD. *Proposta de Dissertação de Mestrado – Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada*. São Leopoldo/RS, Brasil.

**Manhães, M. A. R., Shieh, P. J., Lamas, A. C.; Macedo, P. E. O.,** (2005). Canal de Interatividade em TV Digital., *Cad CPqD Tecnologia*, páginas 29-36.

**Papaioannou, G., Wilson, J. M.,** (2008). Fuzzy extensions to Integer Programming models of cell-formation problems in machine scheduling. ***Annals of Operations Research***, 166, 163-182.

**Rey-Lopez, M., Diaz-Redondo, R., Fernández-Vilas, A., Pazos-Arias, J.,** (2006). Entertainment Experiences: Engaging Viewers in Education through TV Programs. Proc. of 4th European Conference on Interactive Television (EuroITV 2006). Athens, Greece.

**Simas, E. P. L.,** (2007). 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, Brasil.

**Sparql** (2008). SPARQL Query Language for RDF, 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>>. Acesso em: 19 abr.. 2012

**Tsinarakis, C.; Polydoros, P.; Christodoulakis, S.,** (2004). Integration of OWL ontologies in MPEG-7 and TV-Anytime compliant Semantic Indexing. Proc. of 16th International Conference on Advanced Information Systems Engineering.

**Weissheimer, C. H.,** (2011). Aplicação de Metaheurísticas para o modelo Internet Protocol *Proposta de Dissertação de Mestrado – Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada*. São Leopoldo/RS, Brasil.