

SIMULAÇÃO DE UMA GRADE COMPUTACIONAL UTILIZANDO APLICAÇÕES INTERATIVAS SOBRE OS RECEPTORES DE SINAIS DIGITAIS

Bruno G. Batista, Fabiano C. Teixeira, Regina H. C. Santana, Marcos J. Santana

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC USP

Avenida Trabalhador São-Carlense, 400 – Centro

CEP 13566-590 – São Carlos - SP

{batista, teixeira, rcs, mjs}@icmc.usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma simulação de uma grade computacional que executa aplicações interativas sobre receptores de sinais digitais de televisão. São apresentados experimentos utilizando o simulador GridSim, considerando um ambiente que permite a criação de uma grade computacional *desktop* utilizando qualquer tipo de elemento computacional como, por exemplo, receptores de sinais digitais de televisão. A simulação realizada permite verificar a viabilidade de promover a inclusão digital, por meio da junção entre Grades Computacionais *Desktop* e TV Digital. A abordagem proposta viabiliza que recursos computacionais sejam compartilhados de maneira a possibilitar que usuários com receptores limitados executem aplicações que demandem mais recursos que aqueles ofertados pelo seu *hardware*.

PALAVRAS CHAVE: Grades Computacionais, TV Digital, Receptores Digitais.

Área principal: SIM - Simulação.

ABSTRACT

This paper presents a simulation of a computing grid running interactive applications on receivers of digital signals for television. Experiments using the GridSim simulator are presented and they considered an environment that allows the creation of a desktop computing grid using any type of computational element, such as receivers of television digital signals. The simulation allows verifying the viability of promoting digital inclusion by means of the junction between Desktop Computing Grid and Digital TV. The proposed approach aims at enabling to share computing resources in order to allow users with limited receivers to run applications that require more resources than those offered by their hardware.

KEYWORDS: Grid Computing, Digital TV, Digital Receivers.

Main area: SIM - Simulation.

1. Introdução

Conforme o Decreto Presidencial 4901 de 26 de novembro de 2003 (Planalto, 2003), o Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) deve ser um mecanismo para prover, além de recursos de entretenimento e cultura disponíveis no modelo analógico, outros benefícios, com a democratização da informação através da inclusão digital e aprendizagem a distância.

O requisito do decreto presidencial demonstra que o receptor digital além de ser utilizado para reprodução de áudio e vídeo, poderá também realizar tarefas adicionais como acesso à Internet, *e-mails*, entre outras funcionalidades. Para isso, o receptor deve contar com recursos computacionais como processador e memória.

Segundo a página oficial da TV Digital Brasileira (DTV, 2011), desde a sua implantação, a transmissão terrestre do sinal digital se expandiu por 23 estados mais o Distrito Federal, totalizando 480 municípios espalhados por todo o país. A cobertura cresce a ritmo acelerado, atingindo o equivalente a 87,7 milhões de pessoas, ou 45,98% da população brasileira. A expectativa é que a cobertura do SBTVD seja igual ou superior à cobertura analógica atual antes mesmo de 2016, ano que está previsto para iniciarem o desligamento dos sinais de TV analógica. Além disso, diversos países já aderiram ao padrão nipo-brasileiro ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*): Peru, Chile, Argentina, Venezuela, Equador, Costa Rica, Paraguai, Bolívia, Nicarágua, Filipinas, Japão e Uruguai.

Para que um aparelho de televisão seja capaz de realizar todos os procedimentos necessários para apresentar uma programação (como por exemplo, processamento do fluxo de transporte, decodificação, apresentação de áudio e vídeo, execução de programas e comunicação com emissoras de televisão) é preciso que ele tenha todos os recursos necessários incorporados. Durante o período de transição muitos aparelhos analógicos continuarão em uso. Sendo assim, para que esses aparelhos possam ser utilizados no Sistema de Televisão Digital, é necessário um terminal de acesso capaz de realizar as funções citadas. Esse terminal é denominado Receptor de Sinais Digitais ou *Set-Top Box* (Zuffo, 2006).

Os receptores digitais são dispositivos computacionais e podem apresentar diferentes configurações de *hardware* e *software* (inclusive sistema operacional), originando uma heterogeneidade considerável.

Para que uma mesma aplicação enviada via *broadcasting* por uma emissora possa ser executada em todos os receptores sintonizados, é necessário um *middleware* (uma camada de *software* entre as aplicações e o sistema operacional). No caso do sistema brasileiro, é utilizado o Ginga (Ginga, 2011).

Esse *middleware* oferece um serviço padronizado para as aplicações, escondendo peculiaridades das camadas inferiores como, por exemplo, a tecnologia utilizada para a compressão e modulação do sinal digital. Além disso, ele permite que haja portabilidade das aplicações, de forma que elas possam ser transmitidas para outros receptores que adotam diferentes *middlewares* (Becker & Montez, 2005).

Pelo fato de manipular dados além de áudio e vídeo digitais, parte da arquitetura de um *set-top box* é muito similar a de um computador pessoal. Potencialmente, uma grande quantidade de recursos computacionais pode estar ociosa nesses equipamentos e, considerando a existência de um canal de comunicação que permita a troca de informações entre os receptores e a Internet, a formação de uma grade computacional desktop utilizando esses equipamentos torna-se muito interessante. Assim surgiu o *Grid Anywhere*, um *middleware* de grade computacional ponto-a-ponto (P2P) capaz de agrupar em uma única Organização Virtual ou Federação (composta por universidades, empresas ou instituições independentes que compartilham recursos computacionais em uma grade computacional (Foster, Kesselman & Tuecke, 2001)), computadores convencionais e diversos tipos de equipamentos, como por exemplo, receptores digitais (Teixeira, 2009 e Teixeira *et al.*, 2010). Essa grade computacional pode ser utilizada para prover uma grande potência computacional para auxiliar na solução de problemas que exigem um nível elevado de processamento, tendo em vista o uso conjunto dos recursos dos receptores.

Um exemplo de grade composta por diferentes tipos de equipamentos é a utilizada no

projeto GPUGRID.net. Também conhecido por PS3GRID.net, é um projeto de computação distribuída com o objetivo de auxiliar nas pesquisas na área da biologia molecular. Este projeto utiliza grades computacionais formadas por computadores com placas de vídeo que dispõem de unidade de processamento gráfico (*GPU - Graphics Processing Unit*) e por consoles de *PlayStation 3* (PS3) (GPUGRID, 2011).

Além disso, é possível realizar uma análise da tendência que grande parte das tecnologias digitais segue. Pode-se verificar que diversos dispositivos apresentam uma ampliação considerável à medida que são disponibilizados. Um exemplo desse comportamento é o telefone celular, que em sua concepção tinha somente a função de permitir a comunicação via voz entre duas pessoas. Com o advento dessa tecnologia, percebe-se que hoje a aplicação original a ele atribuída é apenas mais uma de suas inúmeras aplicações, o que o tornou um dos aparelhos mais vendidos no país.

O trabalho apresentado neste artigo considera que algo similar venha a acontecer aos receptores digitais. Já existem no mercado diversos tipos de equipamentos receptores com as mais variadas configurações e funcionalidades. No entanto, para que a inclusão digital (uma das metas a serem alcançadas com criação do Decreto Presidencial 4901) se concretize, é necessário que a população de baixa renda tenha acesso a esses equipamentos a um preço acessível. Porém, os equipamentos mais baratos possuem recursos limitados. Isso pode fazer com que essa população de baixa renda não usufrua dos benefícios oferecidos pela interatividade, pois esses equipamentos não possuem uma potência computacional que garanta a execução das aplicações em um tempo satisfatório.

No *Grid Anywhere* os telespectadores com equipamentos com menor potência computacional também podem ser beneficiados, pois é possível que um receptor que tenha recursos limitados faça uso de equipamentos remotos para aumentar a sua capacidade de execução de aplicações.

Neste artigo foram realizadas simulações utilizando o simulador GridSim (Buyya & Murshed, 2002) (GridSim, 2011) com o objetivo de verificar a sobrecarga que uma determinada aplicação impõem sobre os receptores digitais disponíveis. Para a realização dos experimentos foram caracterizados e categorizados vinte e um equipamentos disponíveis comercialmente. Utilizando-se desses equipamentos pode-se prever a potência computacional disponível. Também foram caracterizadas as aplicações interativas, obtendo-se o nível de utilização que essas aplicações fazem dos processadores.

O restante deste artigo está dividido nas seguintes Seções: a Seção 2 mostra as principais características do *middleware Grid Anywhere*. A Seção 3 apresenta o processo de transmissão de dados da emissora para as filiais. Na Seção 4, é apresentada a modelagem dos experimentos, onde foram realizados estudos sobre os receptores digitais e aplicações interativas disponíveis que fornecem a parametrização necessária para realizar as simulações. Na Seção 5 são apresentados os resultados obtidos. Por fim, na Seção 6, são apresentadas as conclusões.

2. Grid Anywhere

O *Grid Anywhere* é um *middleware* que permite a construção de uma grade computacional *desktop* ponto-a-ponto (P2P) utilizando diferentes tipos de equipamentos dotados de recursos computacionais, como computadores convencionais, PDAs (*Personal Digital Assistants*), celulares, receptores digitais, entre outros (Teixeira, 2009 e Teixeira *et al.*, 2010).

Este *middleware* permite que o compartilhamento seja realizado de maneira bidirecional, onde um *set-top box* pode atuar nos papéis de provedor e consumidor de recursos. Uma vez no papel de provedor, o *set-top box* pode compartilhar seus ciclos ociosos de unidade de processamento para que usuários remotos possam utilizá-los para fins de diversas naturezas. No papel de consumidor, o *set-top box* pode fazer uso de recursos remotos localizados em outros receptores ou computadores convencionais de maneira a aumentar a potência computacional disponibilizada para a execução de aplicativos (Teixeira, 2009 e Teixeira *et al.*, 2010).

Uma vez adotada a arquitetura P2P na construção da grade computacional, tem-se como pré-requisito a existência, no *set-top box*, de um canal de retorno capaz de prover acesso à

Internet. Esse canal de retorno possibilita a troca de informações (requisição e/ou envio) entre o telespectador e a emissora (Neves, 2010), além de permitir que um receptor se comunique diretamente com outros equipamentos da mesma natureza ou computadores convencionais. A Figura 1 ilustra a arquitetura da grade computacional *desktop* provida pelo *middleware Grid Anywhere*. Essa arquitetura conta com os seguintes componentes:

- **PC Peer:** computador pessoal convencional que é conectado à grade por meio da Internet. Pode atuar nos papéis de provedor e consumidor de recursos;
- **Broadcaster Peer:** participante localizado na emissora de TV. Pode prover uma grande potência computacional de processamento, visto que ele envia, via *broadcast*, aplicações a serem executadas em todos os receptores sintonizados em seu canal;
- **TV Peer:** *set-top box* ou aparelho televisor com receptor compatível integrado. Possui todas as características do *PC Peer* adicionadas à capacidade de receber uma aplicação enviada pela emissora de TV via *broadcast*.

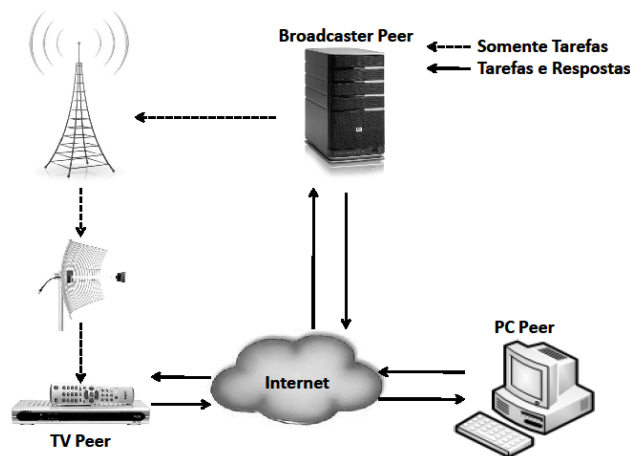


Figura 1: Ambiente *Grid Anywhere*.

Na arquitetura apresentada na Figura 1, quando a requisição de serviço de um usuário pode ser atendida por meio do uso de um único recurso remoto compartilhado, acessa-se diretamente esse participante (*TV Peer* ou *PC Peer*). No entanto, em uma situação onde uma aplicação paralela necessita de grande potência computacional é preciso requisitar o *Broadcaster Peer*, pois esse participante pode utilizar os receptores sintonizados à emissora de TV onde ele está localizado (Teixeira *et al.*, 2010).

A próxima Seção mostra o procedimento realizado por uma emissora para o envio de aplicações para serem executadas nas filiais da emissora, referenciadas como Federações.

3. Transmissão de Dados

Nas emissoras de televisão, o momento é de análise dos testes feitos ao longo dos últimos anos e de estudo sobre as melhores formas de oferecer a interatividade. Esses estudos incluem a definição de modelos de negócio, ou seja, como comercializar as aplicações interativas. Existem muitos modelos, nenhum amplamente aceito, pois o Sistema de TV Digital Interativa em implantação no país ainda começa a dar os seus primeiros passos.

Com a digitalização da programação das emissoras de TV surgem outros recursos que podem ser explorados comercialmente. Além de vender espaços dentro da programação, é possível comercializar parte da taxa de transmissão da interatividade. Na TV Digital a emissora define a taxa de transmissão das aplicações através do Carrossel de Dados que permite que as aplicações sejam transmitidas ciclicamente (Fernandes, Lemos & Silveira, 2004). O Carrossel de Dados é um módulo que permite a instalação dinâmica, no receptor digital, de uma cópia de um sistema de arquivos produzido em uma emissora que persiste no receptor apenas enquanto ele estiver sintonizado. É possível, por exemplo, transmitir serviços de comércio eletrônico, de acesso a banco, *e-mail*, loterias, jogos, serviços de saúde, como marcação de consultas, além de

aplicações onde o conteúdo é destinado a aprendizagem à distância. Ou seja, uma empresa pode comprar uma parte do carrossel e oferecer qualquer tipo de aplicação.

As requisições dos usuários são executadas em federações que são as filiais da emissora de TV e são compostas por equipamentos com a funcionalidade de recepção do sinal digital. A Figura 2 apresenta o caminho seguido pelas requisições dos usuários desde a negociação descrita nos parágrafos anteriores até a sua execução em uma das Federações.

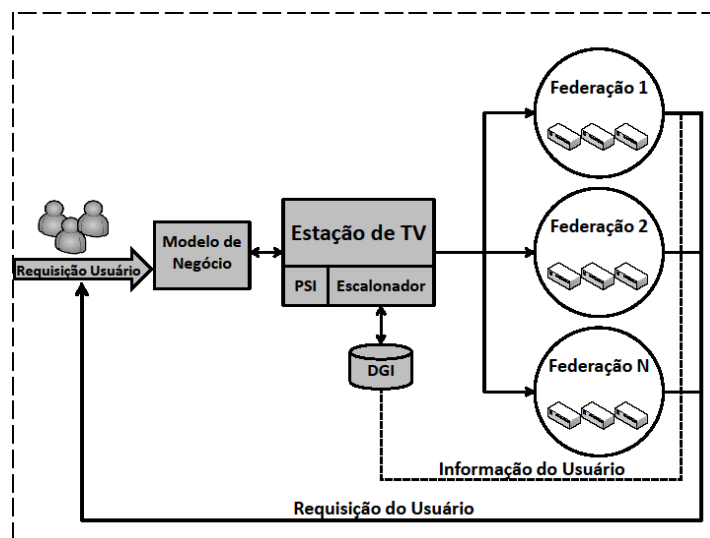


Figura 2: Distribuição das Aplicações para as Federações.

Após a negociação entre os usuários e a emissora, a aplicação é submetida ao Provedor de Serviços Interativos (PSI). O PSI pode ser um módulo da própria emissora ou uma empresa contratada (Neves, 2010). Ele pode exercer várias funções como: preparar as aplicações dos usuários para serem enviadas aos receptores dos telespectadores, gerar todas as interatividades que uma emissora precisa com seus respectivos filtros, além de armazenar, tratar e processar os dados enviados pelo telespectador após responder uma interatividade. Após passarem pelo PSI, as aplicações são encaminhadas ao escalonador. Ele é responsável por enviá-las para serem executadas de acordo com a logística da política adotada.

As aplicações são programas desenvolvidos em linguagens declarativas e procedurais que, executadas em um receptor digital, oferecem serviços específicos aos telespectadores. Elas podem ser residentes no receptor ou serem transmitidas através do Carrossel de Dados.

Para a modelagem e simulação dos equipamentos e aplicações disponíveis atualmente no Sistema de TV Digital Interativa, foram realizados estudos para uma caracterização mais realista desses fatores. A próxima Seção apresenta os estudos e as caracterizações realizadas.

4. Modelagem dos Experimentos

Para a execução dos experimentos utilizando as características do *Grid Anywhere* foi utilizado o simulador GridSim (Buyya & Murshed, 2002) (GridSim, 2011). Esse simulador permite a modelagem e simulação de sistemas computacionais distribuídos, aplicações, recursos, além de escalonadores para o projeto e validação de algoritmos de escalonamento.

Antes de caracterizar as aplicações interativas existentes realizou-se um estudo dos Receptores Digitais e Media Centers (também chamados “Tudo em Um”, pois agregam vários dispositivos em apenas um, contemplando funcionalidades como: *home theater*, DVD, *blue ray*, computador, aparelho de som, receptor digital, além de acesso à Internet) disponíveis comercialmente para determinar o perfil de cada equipamento.

4.1 Classificação dos Receptores Digitais

Foram encontrados equipamentos com as mais variadas configurações de *hardware* e *software*. A Tabela 1 apresenta informações sobre alguns dos equipamentos analisados.

No simulador GridSim a potência computacional de um determinado recurso e o total de computação necessário para a execução de uma aplicação são dados em MIPS (Milhões de Instruções Por Segundo). Como não foi localizado o valor de MIPS para a maioria dos processadores analisados tornou-se necessária uma conversão de outras informações obtidas para MIPS. Essa conversão não é imediata, uma vez que não existe uma relação direta entre os dados obtidos e MIPS. Para obter os dados necessários optou-se por utilizar algum *benchmark*.

Tabela 1: Classificação dos Equipamentos.

Classe	Posição	Equipamento	Processador	PassMark	MIPS
1	1*	Niveus Pro Series	Intel Core i7 950 3.07GHz	6338	88416
	2*	Media Center Idea 3900	Intel Core 2 Quad Q9650 3.0GHz	4606	64255
	3*	Niveus Media Denali	Intel Core 2 Duo E8600 3.3GHz	2653	37010
	4*	Megahome MWX	Intel Core 2 Duo E8400 3.0GHz	2245	31318
	5*	Mundido	Intel Core 2 Duo T9800 2.93GHz	2199	30676
2	6*	Vida Box Slim	AMD Athlon 64 X2 6000+ 2.0GHz	1643	22920
	7*	Daten Home PC Slim	AMD Athlon 64 X2 4200+ 2.2GHz	1153	16085
	8*	Daten Home PC	AMD Athlon 64 X2 3800+ 2.0GHz	1044	14564
	9*	Replay Plus Viewvox 1000	AMD Athlon 64 3500+ 2.2GHz	568	7924
	10*	Inteset Denzel	Intel Pentium 4 3.2GHz	524	7309
	11*	Philips Showline	Intel Pentium 4 3.0GHz	491	6849
Processadores de Aplicações Específicas					
3	12*	Samsung RNG-150	Broadcom 1122 400MHz	-	880
	13*	Zinwel ZBT 601	Broadcom 7402 300MHz	-	660
	14*	VisionTec VT7000	STI 7100 300MHz	-	660
	15*	DigiTV HD	Sti 7100 ST40 266MHz	-	585
	16*	Audio Vision HD031i	SH-3 266MHz	-	585
	17*	Samsung SMT-H1501	Zoran ZR391055 250MHz	-	550
	18*	Samsung SMT-H3050	Conexant CX2417X 250MHz	-	550
	19*	Samsung SMT-2110C	NXP Processor 225MHz	-	495
	20*	Zinwell ZBT 620N	MSTAR MSD7828L 216MHz	-	475
	21*	Samsung DCB-B270R	Nec emma2 166MHz	-	365

Para definir a coluna MIPS apresentada na Tabela 1 foram pesquisados *benchmarks* que realizam uma análise dos processadores listados. Dentre os *benchmarks* estudados, o *PassMark* disponível na página *CPU Benchmarks* (CPUBenchmarks, 2011) foi adotado, pois apresenta uma comparação entre quase todos os equipamentos analisados. O *benchmark PassMark* realiza uma comparação entre centenas de processadores utilizando os resultados dos usuários do *software Performance Test*. O *Performance Test* é um *software* que realiza uma avaliação de desempenho dos computadores dos usuários. Os resultados obtidos são disponibilizados a outro *software*, o *PassMark*, que reúne vários resultados de diversos usuários do *Performance Test* e gera uma métrica chamada *PassMark* que é utilizada pelo *site CPU Benchmarks* para classificar os diversos processadores existentes. Assim, todos os processadores dos equipamentos analisados neste trabalho foram organizados obedecendo à ordem em que aparecem nesse *site*, onde os processadores com maior valor de *PassMark* correspondem aos processadores mais potentes.

Dos processadores analisados, apenas o manual do processador *AMD Athlon 64 X2 3800+ 2.0GHz* apresentou a informação referente ao seu MIPS. Essa informação junto com os valores da coluna *PassMark* foram utilizadas para determinar os demais valores da coluna MIPS correspondentes aos outros processadores, considerando a proporcionalidade entre os valores do *benchmark* e dos MIPS.

Com os valores obtidos foi gerada a Tabela 1. No caso dos processadores de aplicações específicas, o *CPU Benchmarks* não informa os seus respectivos valores de *PassMark*. Assim, o processador *Broadcom 1122 400 MHz*, que de acordo com o seu manual realiza 880 MIPS, foi utilizado como base para o cálculo dos valores da coluna MIPS dos demais processadores. No

entanto, ao invés de utilizar informações da coluna *PassMark*, foram utilizados os valores correspondentes a frequência de *clock* potência de cada processador descritos em Mhz.

Após esse procedimento, os equipamentos foram classificados de acordo com a sua potência computacional, conforme apresentado na Tabela 2. Essa classificação foi importante, pois com os resultados obtidos definiu-se três classes de equipamentos, as quais foram utilizadas no ambiente simulado. Definidas as classes, foi realizada uma caracterização das aplicações interativas disponíveis para saber que tipos de aplicações esses equipamentos suportam.

Tabela 2: Classificação dos Recursos.

Classe	MIPS
1	≥ 25000
2	$\geq 1000 < 25000$
3	< 1000

4.2 Classificação das Aplicações Interativas

No GridSim as aplicações atuam como as cargas de trabalho utilizadas na simulação. Para a definição da carga de trabalho, foi realizado um estudo sobre as características das aplicações interativas como, por exemplo, a quantidade de processador que uma determinada aplicação necessita para ser executada. No entanto, não foram encontrados trabalhos na literatura relacionados a esse assunto. Sendo assim, foi realizada uma avaliação de nove aplicações disponíveis na página Clube NCL (NCL, 2011), onde os desenvolvedores de aplicações interativas disponibilizam os seus projetos para outros usuários.

Essas aplicações foram executadas em um *set-top box* virtualizado chamado *Set-top Box Virtual Ginga-NCL*, que é uma máquina virtual construída para facilitar o processo de distribuição e implantação do Ginga-NCL (um dos subsistemas do *middleware* Ginga). Além disso, foi utilizado o processador *Intel Core 2 Duo 2.2 GHz* para a execução das aplicações e do *set-top box* virtualizado.

Durante as execuções foram avaliados momentos sem nenhum tipo de interação com a aplicação e momentos com diferentes tipos de interações. O objetivo é explorar todas as funcionalidades disponíveis e obter informações sobre o percentual de processamento utilizado nas execuções. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Porcentagem de Uso do Processador.

Aplicação	% Uso Processador	Desvio Padrão	Valor Máximo	MIPS
Jogo da Velha	9,88	3,82	30,20	1754
Ginga Hero	50,68	1,56	54,00	8999
Hackerteen	53,39	17,68	92,00	9482
Tur_Ma	38,22	6,34	93,00	6788
Primeiro João	63,40	4,52	91,20	11259
Viva Mais Peso	65,19	1,84	76,40	11576
Viva Mais Pratos	63,64	3,24	70,60	11302
Porta Retrato	60,05	5,97	91,50	10663
Comercial Proview	51,73	1,86	62,00	9187

Analisando a Tabela 3 tem-se que a coluna **% Uso Processador** corresponde à porcentagem que a aplicação utilizou, em média, durante a sua execução. A coluna **Valor Máximo** corresponde ao percentual máximo do processador que a aplicação chegou a utilizar em determinado momento da execução. Por fim, a coluna MIPS corresponde à quantidade de MIPS necessária para a execução da aplicação. Este valor foi obtido através da monitoração da execução das aplicações no processador mencionado anteriormente. Com os resultados obtidos foram definidos quatro tipos de aplicações conforme apresentado na Tabela 4.

Após a caracterização de cada entidade utilizada na simulação foram realizados experimentos para verificar a sobrecarga imposta por cada tipo de aplicação, definidos na Tabela 4, sobre as classes de equipamentos, definidas na Tabela 2. A configuração dos experimentos é apresentada na próxima Seção.

Tabela 4: Uso do Processador em MIPS.

Tipo	Porcentagem	Porcentagem Média
Leve	< 20%	10%
Média	>= 20% < 40%	30%
Pesada	>= 40% < 70%	55%
Muito Pesada	>= 70%	85%

4.4 Projeto dos Experimentos

O simulador GridSim suporta entidades para execução em um único processador ou em multiprocessadores. Durante a simulação, o GridSim cria um número de entidades *multi-thread* que rodam em paralelo durante a execução. Algumas das instâncias utilizadas no ambiente de simulação GridSim são descritas a seguir:

- **Usuário:** cada instância de usuário pode se distinguir das restantes com relação às características da aplicação criada, por exemplo, tempo de execução e o custo de execução.
- **Carga de Trabalho:** são as aplicações que são submetidas pelos usuários. Uma aplicação possui alguns elementos que compõem o protocolo de trocas de informações entre as federações: um elemento *length* que representa o total de computação desejado por aquele objeto dado em MIPS; o elemento *file* que é tamanho do arquivo a ser transmitido e por fim, o elemento *out* que representa o tamanho do arquivo de retorno com a resposta obtida, ambos dados em Bytes.
- **Taxa de chegada das Gridlets:** foi utilizada uma distribuição estatística para caracterizar a taxa de chegada das aplicações no sistema. Para todas as aplicações enviadas são solicitadas confirmações sobre o recebimento.
- **GIS (Global Information System):** fornece um serviço de registro de recursos e mantém uma lista de recursos disponíveis na grade. Os escalonadores podem consultar essa lista para buscar informações sobre os recursos como as configurações existentes e informações do estado atual.
- **Escalonador:** cada usuário é conectado a uma instância de uma entidade do escalonador. Toda aplicação de um usuário é primeiramente submetida para o seu escalonador e este escalona as tarefas de acordo com a política de escalonamento adotada.
- **Políticas:** as políticas de escalonamento atuam sobre as federações com a função de realizar a distribuição das aplicações e objetivando atingir os critérios propostos a priori pela emissora.
- **Recursos:** são os equipamentos com a capacidade de receber o sinal digital. Cada instância de recurso pode apresentar características diferentes com respeito ao número de processadores que um equipamento pode ter, custo de processamento, capacidade de processamento e política de processamento interno (*time-shared* ou *space-shared*).

Nos experimentos realizados foram analisados ambientes compostos por apenas uma classe de equipamentos, ou seja, não houve heterogeneidade de classes de equipamentos. O objetivo era analisar o Tempo Médio de Resposta obtido com a execução dos quatro tipos de aplicações nos equipamentos Classe 1, 2 e 3 e ver em quanto o desempenho do sistema pode ser prejudicado, como por exemplo, na execução de uma aplicação do tipo Muito Pesada em um equipamento Classe 3. Foram considerados quatro fatores, um com quatro níveis, um com três e dois fatores com dois níveis. A seguir são apresentados os fatores e seus respectivos níveis.

- **A - Número de Equipamentos:** 50 e 100. A potência computacional de um recurso, dada em MIPS no simulador GridSim, é gerada aleatoriamente através do intervalo definido na coluna MIPS da Tabela 2;
- **B - Tipo de Equipamento:** Classe 1, 2 e 3;
- **C - Número de Usuários:** 30 e 60;

- **D - Carga:** Leve, Média, Pesada e Muito Pesada.
Além desses fatores foram definidos três fatores fixos:
- **Política de Escalonamento: WorkQueue (WQ)** - muito utilizada em grades computacionais, essa política não precisa de nenhuma informação sobre o ambiente ou sobre a aplicação para atribuir tarefas aos recursos disponíveis. Assim que os recursos se tornam disponíveis, as aplicações são atribuídas a eles. Essa distribuição é feita de forma aleatória, bastando que o recurso esteja disponível e que exista aplicação para ser escalonada. Assim que uma aplicação é executada, os resultados são enviados de volta ao escalonador que por sua vez atribui uma nova aplicação ao recurso. Isso persiste até que todas as aplicações sejam executadas. Com isso, as federações mais potentes recebem mais aplicações para executarem (de Oliveira *et al.*, 2010);
- **Número de Aplicações:** cada usuário executa 50 aplicações. Uma aplicação pode ser de qualquer um dos tipos apresentados na Tabela 4 e a potência computacional exigida obedece ao seu intervalo apresentado na coluna MIPS da mesma Tabela. No ambiente simulado, esse intervalo é utilizado para gerar um número aleatório que define a potência computacional exigida por uma aplicação;
- **Número de Federações:** 1.

A próxima Seção apresenta os resultados dos experimentos realizados com os fatores e níveis definidos. Os resultados apresentados representam a média de dez experimentos. A quantidade de experimentos realizada baseia-se nos intervalos de confiança obtidos (com 95% de confiança) que permitem a comparação entre os resultados de diferentes experimentos.

5. Análise da Sobrecarga dos Equipamentos

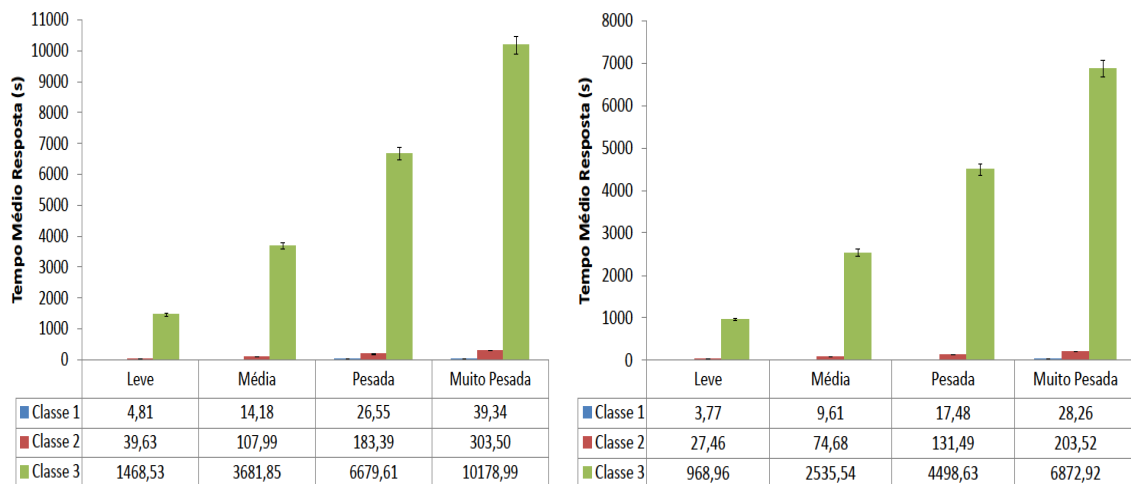


Figura 3: Tempo Médio de Resposta com 30 usuários e 50 e 100 equipamentos.

Os gráficos apresentados na Figura 3 mostram o Tempo Médio de Resposta, dado em segundos, gasto pelos equipamentos das Classes 1, 2 e 3 na execução das aplicações dos tipos Leve, Média, Pesada e Muito Pesada feitas por 30 usuários. As grades computacionais simuladas e apresentadas nos gráficos são compostas por 50 e 100 equipamentos, respectivamente.

Com os resultados obtidos observa-se que o tempo necessário para a execução de qualquer tipo de aplicação em equipamentos da Classe 3 é proibitivo. Mesmo para aplicações leves, o tempo de resposta médio ultrapassa vinte minutos, o que é inviável para aplicações interativas. Conforme a complexidade das aplicações aumenta, esses tempos tornam-se ainda maiores e, para equipamentos da Classe 3, mais de duas horas são necessárias para a execução. Quando equipamentos da Classe 2 são considerados, observa-se que a execução de aplicações leves tornam-se viáveis, embora ainda tempos relativamente altos são obtidos. Para os

equipamentos da Classe 1, observa-se valores consideravelmente menores, viabilizando todos os tipos de aplicações. Com a utilização de cem equipamentos, observa-se um comportamento similar, com tempos inferiores.

O Tempo Médio de Resposta aumenta quando o número de usuários é maior, pois tem-se uma maior sobrecarga imposta ao ambiente. Isso pode ser observado nos gráficos da Figura 4.

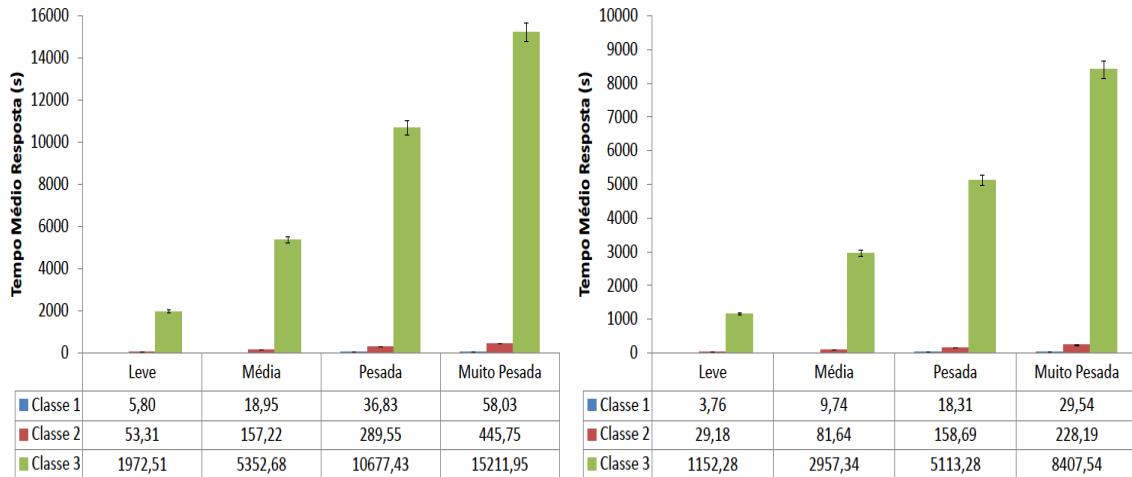


Figura 4: Tempo Médio de Resposta com 60 usuários e 50 e 100 equipamentos.

Analisando os gráficos apresentados nas Figuras 3 e 4, nota-se que o aumento de 30 para 60 usuários proporciona a elevação do Tempo Médio de Resposta. No entanto, observa-se que para um aumento de 100% nos usuários, o tempo de resposta aumentou de 20 a 49% quando 50 equipamentos foram considerados. O aumento é mais significativo para cargas mais pesadas. Esse aumento é menos significativo quando 100 equipamentos são considerados. Nesse caso, os aumentos no tempo de resposta variaram de 0 a 22%.

Em uma grade computacional composta apenas por equipamentos da Classe 3, o desempenho do sistema na execução das aplicações é bastante comprometido. Analisando separadamente cada classe de equipamentos verifica-se que, por serem menos potentes, os equipamentos Classe 3 apresentam Tempos Médios de Resposta maiores que os obtidos nos experimentos com Classe 1 e Classe 2. Esses dados são apresentados nos gráficos das Figuras 5, 6 e 7.

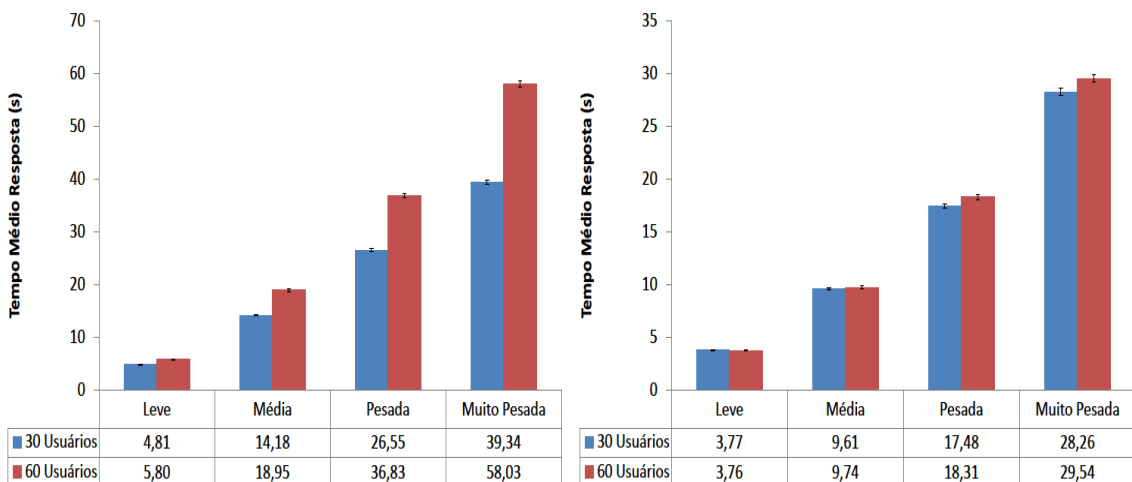


Figura 5: Tempo Médio de Resposta em 50 e 100 Equipamentos Classe 1.

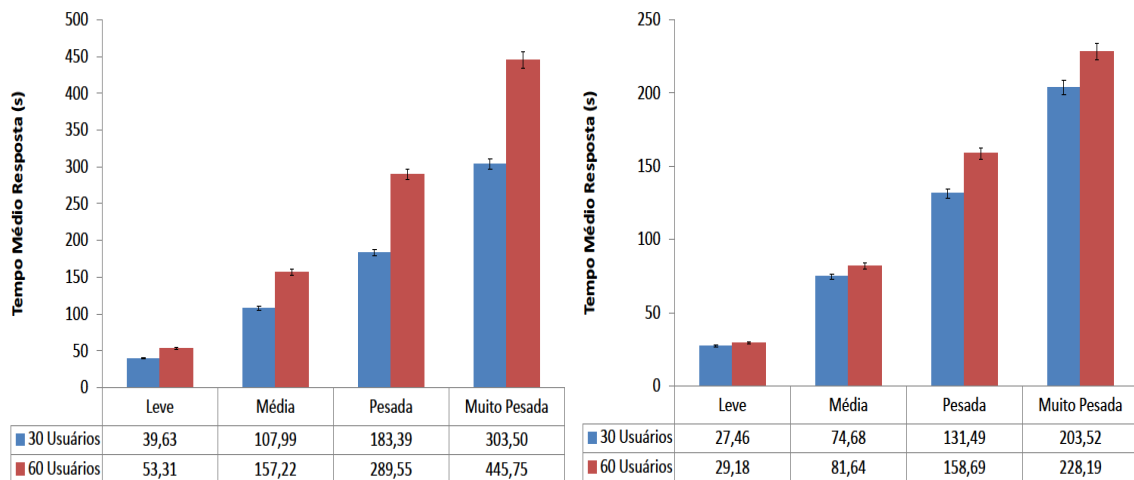


Figura 6: Tempo Médio de Resposta em 50 e 100 Equipamentos Classe 2.

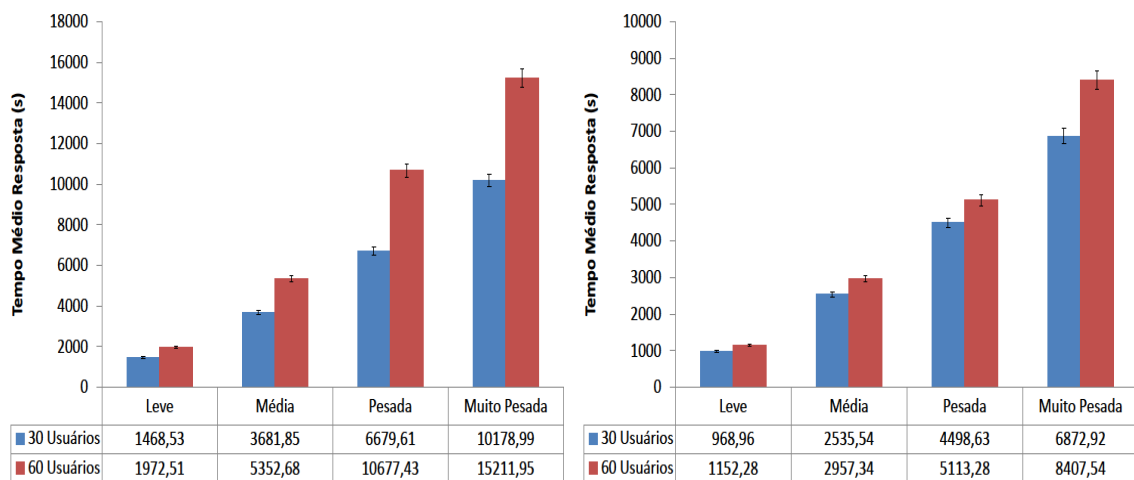


Figura 7: Tempo Médio de Resposta em 50 e 100 Equipamentos Classe 3.

6. Conclusão

Com a implantação do Sistema de Televisão Digital o Brasil pode possuir, em um período de tempo inferior a dez anos, um número aproximado de 80 milhões de receptores digitais (Batista *et al.*, 2007). Esses equipamentos e a popularização da Internet tornam possível a criação de uma grade computacional para auxiliar na solução de problemas que exigem um nível elevado de processamento, tendo em vista o uso conjunto dos recursos dos receptores.

A inserção desses equipamentos em uma grade computacional promovida por meio do *Grid Anywhere*, permite que um *set-top box* operando no papel de consumidor de recursos migre partes da aplicação para serem executadas em outros receptores ou até mesmo em um computador convencional. Dessa forma, o receptor local fica exonerado de uma determinada carga de processamento e de memória. Esse tipo de abordagem permitirá que usuários que possuam equipamentos com configuração de *hardware* limitada executem aplicações que requisitem uma capacidade computacional maior que a ofertada pelo receptor.

Os experimentos apresentados neste artigo mostram como as aplicações interativas dos usuários podem ser executadas nos equipamentos disponíveis no momento, como receptores digitais. Para a realização dessa avaliação foram caracterizados e categorizados vinte e um equipamentos disponíveis comercialmente. Utilizando-se desses equipamentos pode-se prever a potência computacional disponível. Também foram caracterizadas algumas aplicações interativas, obtendo-se o nível de utilização que essas aplicações fazem dos processadores.

Nos experimentos realizados verificou-se a sobrecarga imposta por diferentes tipos de

aplicações sobre as classes de receptores digitais definidas neste trabalho. A grade computacional composta somente por equipamentos Classe 3 teve o seu desempenho prejudicado quando comparada com as outras compostas por Classes 1 e 2 na execução das aplicações, visto que são equipamentos com recursos computacionais limitados. Assim, analisando o perfil da sociedade brasileira onde são predominantes as Classes C, D e E, percebe-se que o poder aquisitivo nessas classes é muito menor que os da Classe A e B. Consequentemente, essas pessoas tendem a comprar equipamentos onde os recursos computacionais são limitados. Isso pode prejudicar a inclusão dessas pessoas no sistema de TV Digital que está em implantação no Brasil. Assim torna-se interessante a composição de uma grade computacional heterogênea composta por equipamentos das Classes 1, 2 e 3, onde um usuário com receptor digital com recursos limitados pode migrar as suas aplicações para serem executadas em equipamentos mais potentes.

Referências

- Batista, C.; de Araujo, T.; Omaia, D.; dos Anjos, T.; de Castro, G.; Brasileiro, F. e de Souza Filho, G. (2007).** *Tvgrid: A grid architecture to use the idle resources on a digital tv network*. IEEE Computer Society, 2007.
- Becker, V. e Montez, C. (2005).** *TV Digital Interativa: Conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil*. Florianópolis, Ed. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, 2ª Edição.
- Buyya, R. e Murshed, M. (2002).** *Gridsim: A toolkit for the modeling and simulation of distributed resource management and scheduling for grid computing*. Concurrency and Computation: Practice and Experience. Wiley Online Library, 14(13-15):1175– 1220.
- ClubeNCL (2011).** *Repositório de aplicações interativas*. Disponível em: <clube.ncl.org.br>.
- de Oliveira, L., Lobato, R., Spolon, R. e Cavenaghi, M. (2010).** *Simulation of computational grids scheduling politics*. In Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on, page 1-6. IEEE.
- CPUBenchmarks (2011).** Página CPU Benchmarks. Disponível em: <<http://www.cpubenchmark.net/>>.
- DTV (2011).** *Site oficial da TV Digital Brasileira*. Disponível em: <www.dtv.org.br>.
- Fernandes, J.; Lemos, G. e Silveira, G. (2004).** *Introdução a televisão digital interativa: arquitetura, protocolos, padrões e práticas*. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, volume 24.
- Foster, I.; Kesselman, C. e Tuecke, S. (2001).** *The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations*. International Journal of High Performance Computing Applications. SAGE Publications, 15(3):200.
- Ginga (2011).** *Middleware aberto do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD)*. Disponível em: <www.ginga.org.br>.
- GPUGRID.net (2011).** *Site oficial do projeto GPUGRID.net*. Disponível em: <<http://www.gpugrid.net/>>.
- GridSim (2011).** *A grid simulation toolkit for resource modelling and application scheduling for parallel and distributed computing*. Disponível: <www.cloudbus.org/gridsim/>.
- Neves, R. B. (2010).** *Explorando o canal de retorno em sistema de televisão digital interativa: uma abordagem centrada no suporte a comunicação entre as aplicações e provedores de serviços*. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte - Minas Gerais.
- Planalto (2003).** *Decreto presidencial 4901 de 26 de novembro de 2003*. Disponível em: sbtvd.cpqd.com.br/downloads/decreto_4901_2003.pdf.
- Teixeira, F. C. (2009).** *Grid@TV: Um middleware para Grades Computacionais Extensível aos Receptores de Sinais Digitais de Televisão*. Monografia de qualificação de doutorado apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC, USP, São Carlos, São Paulo.
- Teixeira, F. C.; Santana, M. J.; Santana, R. H. C. e Estrella, J. C. (2010).** *Grid Anywhere: An Architecture for Grid Computing Able to Explore the Computational Resources of the Set-Top Boxes*. Networks for Grid Applications. Springer, pages 79–88.
- Zuffo, M. (2006).** *TV Digital Aberta no Brasil – Políticas Estruturais para um Modelo Nacional*. Escola Politécnica, USP, São Paulo.