

**Luciana dos Santos Lima**

**Um Protocolo para Descoberta  
e Seleção de Recursos em  
Grades Móveis *Ad hoc***

**TESE DE DOUTORADO**

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA**

**Programa de Pós-Graduação em Informática**

Rio de Janeiro  
Junho de 2007

**Luciana dos Santos Lima**

**Um Protocolo para Descoberta e Seleção  
de Recursos em Grades Móveis *Ad hoc***

**Tese de Doutorado**

Tese apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-  
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Markus Endler

Co-orientadores: Luiz Fernando Gomes Soares  
Antônio Tadeu Azevedo Gomes  
Artur Ziviani

Rio de Janeiro, junho de 2007



**Luciana dos Santos Lima**

## **Um Protocolo para Descoberta e Seleção de Recursos em Grades Móveis *Ad hoc***

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Markus Endler**

Orientador  
PUC-Rio

**Luiz Fernando Gomes Soares**

Co-orientador  
PUC-Rio

**Antônio Tadeu Azevedo Gomes**

Co-orientador  
LNCC

**Artur Ziviani**

Co-orientador  
LNCC

**Antonio Alfredo Ferreira Loureiro**

UFMG

**José Ferreira de Rezende**

UFRJ

**Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira**

PUC-Rio

**Sérgio Colcher**

PUC-Rio

**José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de junho de 2007

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Luciana dos Santos Lima**

Graduou-se em Ciência da Computação na UFAL (Universidade Federal de Alagoas) em 1999. Especializou-se em Tecnologia da Informação no TCI/UFAL em 2000. Obteve o título de Mestre em Informática, pela PUC-Rio, em 2002. É pesquisadora na área de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, com ênfase em redes sem fio, descoberta de serviços, colaboração móvel e grades móveis. Desenvolveu pesquisas por dois anos em projetos na área de grades móveis no Laboratório Nacional de Computação Científica e atualmente está afiliada ao Laboratório Tecgraf/PUC-Rio.

#### Ficha Catalográfica

Lima, Luciana dos Santos

Um protocolo para descoberta e seleção de recursos em grades móveis ad hoc / Luciana dos Santos Lima; orientador: Markus Endler; co-orientadores: Luiz Fernando Gomes Soares, Antônio Tadeu Azevedo Gomes, Artur Ziviani. – 2007.

213 f. : il. (col.) ; 30 cm

Tese (Doutorado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Descoberta de recursos. 3. Seleção de recursos. 4. Grades móveis. 5. Redes sem fio. I. Endler, Markus. II. Soares, Luiz Fernando Gomes. III. Gomes, Antônio Tadeu Azevedo. IV. Ziviani, Artur. V. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. VI. Título.

CDD: 004

*Este trabalho é dedicado*

*a Deus, que, há muitos anos, fez-me uma promessa, a mim e a todos os Seus filhos, promessa essa que vem se cumprindo em minha vida:*

*“Ele (o filho de Deus) é como árvore plantada junto a corrente de águas, que, no devido tempo, dá o seu fruto, e cuja folhagem não murcha; e tudo quanto ele faz será bem sucedido.” [Sl, 1:3]*

*Ao meu Senhor e Salvador a minha gratidão eterna:*

*“Graças te dou, visto que por um modo assombrosamente maravilhoso me formaste; as tuas obras são admiráveis, e a minha alma o sabe muito bem;” [Sl, 139:14]*

*Luciana Lima*

## Agradecimentos

Ao meu orientador, Markus Endler, por ter me acolhido como sua orientanda, pela sua disponibilidade e boa vontade, qualidades essenciais em um orientador. Agradeço por ter me dado liberdade para crescer como pesquisadora e me incentivado a percorrer o caminho árduo e, por vezes, doloroso de definição de um tema de tese. Obrigada pelo respeito com que lapidou as minhas idéias e pela confiança em mim depositada: respeito e confiança, características que nortearam esses quatro anos de convivência.

Ao meu eterno “ori” e atual “co-ori”, Luiz Fernando Gomes Soares, o meu agradecimento sincero. Você foi fundamental na construção da minha carreira acadêmica, responsável pelo “alicerce” sobre o qual, com este trabalho, deposito mais alguns “tijolinhos”. Existe um pouco de você em tudo o que sou hoje como pesquisadora. Tomei para mim a sua disciplina, responsabilidade e perfeccionismo. Tive lições inesquecíveis como sua orientanda de mestrado, não só do profissional que você é, mas também do ser humano que consegue nos surpreender com demonstrações de desprendimento e amor ao próximo. Levarei, por toda a vida, os seus ensinamentos preciosos. Muito Obrigada!

Aos meus co-orientadores, Antônio Tadeu e Artur Ziviani, meu reconhecimento sincero. Tive a oportunidade de conviver de perto durante esses últimos dois anos com esses pesquisadores incríveis. Completamente apaixonados pelo “fazer ciência”, motivados e meus principais motivadores, os verdadeiros “culpados” pela conclusão do meu doutorado. Agradeço de coração por tudo que pude aprender com vocês. Espero continuar a minha caminhada contando com a colaboração e a parceria que construímos ao longo desse período.

Ao professor, Bruno Schulze, que esteve conosco no início deste trabalho, contribuindo com o seu conhecimento e abrindo as portas para que pudéssemos utilizar a grade fixa do ComCiDis (<http://comcidis.lncc.br/>), projeto por ele

coordenado, o meu agradecimento sincero.

Aos bolsistas de Iniciação Científica PIBIC do LNCC, Bruno Bastos e Pedro Alcover, o meu muitíssimo obrigada! Em pouco mais de um ano e meio de convivência científica, esses dois “meninos” contribuíram, e muito, para a realização deste trabalho. Bruno desvendando os “mistérios” do *Globus Toolkit* e viabilizando a integração das soluções, aqui propostas, para as grades móveis, com a grade fixa do projeto ComCiDis. Pedro estudando os simuladores escolhidos para realizar a avaliação de desempenho deste trabalho. Fico extremamente feliz de ver o quanto vocês evoluíram nesse período e o excelente trabalho que desenvolveram. Mais uma vez, obrigada de coração.

Aos colaboradores franceses, Nicolas Bolicaut e Guillaume Chelius, o meu muito obrigada! Ao Nicolas, gostaria de agradecer pela receptividade que demonstrou nos testes que desenvolvemos juntos no *testbed* do INRIA/INSA-Lyon. Ao Guillaume, por ter discutido conosco os aspectos que envolvem os mecanismos de difusão em uma rede sem fio *ad hoc* de saltos múltiplos.

Antes dos agradecimentos, gostaria de render uma homenagem à banca de avaliação desta tese, constituída pelos Professores Antonio Loureiro, José Rezende, Renato Cerqueira, Sérgio Colcher e pelas suplentes Noemi Rodriguez e Simone Martins. Durante o desenvolvimento da minha vida acadêmica, pude acompanhar o trabalho que cada um de vocês vem construindo em suas respectivas áreas de pesquisa. É, para mim, motivo de orgulho saber que a contribuição de cada um de vocês estará depositada nas páginas deste trabalho. Muito obrigada por vocês terem aceitado participar da minha defesa de doutorado.

Agradeço a compreensão e o apoio incondicional de minha mãe, Maria José, e de minhas irmãs queridas, Adriana e Nathalie. Vocês conhecem o meu coração melhor do que eu mesma e por isso mesmo devem saber o quanto as amo e a importância que vocês têm em minha vida. Em momento algum vocês duvidaram de que eu concluiria, com êxito, o meu doutorado, mesmo quando eu, desacreditada do meu trabalho, pensei em desistir. Obrigada, vocês são a melhor família que alguém poderia sonhar em ter. Aproveito para registrar o carinho com

que as minhas “maninhas” revisaram o meu texto, em busca de “erros do meu português ruim” – como diria Roberto Carlos – na verdade, não tão ruim assim ;-)

Na conclusão dessa etapa tão importante da minha vida, não poderia deixar de registrar o meu agradecimento ao meu amor maior, primeiro e mais importante exemplo: meu pai, José Maria (*in memorian*). A vida nos separou muito cedo, mas permitiu que eu tivesse com você a mais importante lição: ser uma pessoa honesta, independentemente das circunstâncias, e lutar sempre, com muita vontade e determinação, por tudo o que se quer. Desde que você se foi, vivo angustiada com a idéia de não ter te dito, suficientemente e repetidas vezes, o quanto eu te amo. Registro aqui, para todo o sempre, o meu amor incondicional por você, o homem mais íntegro e generoso que já conheci.

Nada mais justo do que registrar o meu agradecimento especial a Maíra Greco, a Déborah de Barros e à Prof<sup>a</sup>. Simone Junqueira. Em um momento de muita dificuldade, decidi abandonar o doutorado, foi um período muito doloroso, e essas três pessoas se preocuparam comigo e me confortaram, dedicando um pouco do seu tempo a me incentivar e encorajar, não permitindo que eu concluísse o meu intento. Obrigada de coração pelo que vocês representaram para mim naqueles momentos tão difíceis.

Para tornar real um grande sonho, é preciso o apoio e amor de pessoas muito especiais, que, por afinidade, unem-se a você durante essa longa caminhada que chamamos de “vida”. Esses são os nossos amigos, a família que temos a liberdade de escolher para compartilhar conosco as nossas dores e alegrias. Moreno e Lorenza, amo vocês, eu os considero como verdadeiros irmãos e admiro profundamente a relação de amor e respeito que vocês construíram. Obrigada por todo o afeto que vocês me dedicaram. Lucimar, Maíra (novamente ela!), Paulinha, Taci e Vivi – em ordem alfabética para não criar problemas :-)-, minhas amigas queridas, o que dizer de vocês? Sempre presentes nesses sete anos de Rio de Janeiro, tanta coisa aconteceu e, com fé em Deus, permaneceremos unidas nas tantas “aventuras” que ainda hão de vir. Obrigada a vocês pela nossa amizade. Adéle, quando a mente já não dava conta do trabalho a cumprir, você era a minha companheira de descontração, juntas seguíamos animadas até o Rio Scenarium,



um sentimento especial de afinidade nos uniu, sou grata por na reta final do meu doutorado termos estreitado os nossos laços de amizade.

O maior presente que já “ganhei” através da Internet foi um amigo. É verdade, em uma lista de discussão técnica sobre o protocolo IP Móvel, na época, idos de 1999, tema do meu trabalho de conclusão de curso da graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Alagoas. Emmanuel Coelho Alves, um francês que hoje reside na China, um amigo ao mesmo tempo tão distante e tão próximo. Pude contar com o seu apoio nesses oito anos de amizade, recheados de demonstrações constantes de solidariedade. Devoto a você um sentimento sincero de gratidão, pois nos momentos mais difíceis da minha vida, apesar de nunca termos tido sequer um encontro real, você sempre esteve presente, dando conselhos, incentivo e me fortalecendo com as suas palavras e atitudes. Como amigos também dizem “eu te amo”, registro aqui o meu amor *phileo* por você.

Durante o meu doutorado, pude contar com o apoio material e humano daqueles que fazem o laboratório Tecgraf. Gostaria de agradecer ao meu coordenador de projeto, Alberto Raposo, pela oportunidade que ele me concedeu. Obrigada também aos meus companheiros de trabalho, Cezar Pozzer, Eduardo Teles e Börje Karlsson. Pude aprender e me divertir muito com vocês, não vou esquecer os nossos almoços no Bandeirão da PUC (meu prato só perdia para o do Pozzer!) e as sessões de XP. O meu agradecimento também a toda equipe do grupo de VR, é muito bom fazer parte desse time. Não poderia deixar de registrar, aqui, o meu carinho a uma pessoa muito especial, Sr. Ernesto Fleck. Obrigada por compartilhar comigo a sua sabedoria e pela “adoção”, afinal, como o Senhor mesmo sempre brinca – e eu levo a sério! –, eu sou a sua filha mais velha, sei que a minha conquista é motivo de orgulho para o Senhor. Mais uma vez, obrigada!

Eu simplesmente fugia de qualquer tipo de atividade física até que, em plena reta final da escrita da minha dissertação de mestrado, diagnosticada com LER (Lesão por Esforço Repetitivo), fui obrigada a praticar algum tipo de atividade física. Entrei na Gávea Gym e acabei simplesmente “viciada”. Gostaria de agradecer a todos os profissionais da GG, que sempre tão cuidadosos, ajudam a colocar o meu corpo em ordem quando, nem sempre, a minha mente está. E foi lá na GG

também que travei o primeiro contato com o Yôga – metodologia estritamente prática que conduz ao *samádhi*, o estado de hiperconsciência e megalucidez que só o Yôga proporciona. Registro, aqui, o meu *pújá* efetivo aos mestres de Yôga que tive: Vinícius, Humberto e Rafaella, claro, como não poderia deixar de ser, o meu *pújá* ao mestre DeRose, responsável pelo resgate das raízes ancestrais do Yôga que hoje pratico. Saúdo a você com o nome do nosso Yôga: Swásthya!

Agradeço ao Posto 10 (*Country Club*) por ter se firmado, durante esses quatro anos de doutorado, como o meu melhor ambiente de trabalho. Entre um sucolé do Claudinho e um copinho de LimãoPlus (*diet*, é claro!), estudei para provas, li e revisei artigos, além de ter buscado inspiração para definir vários pontos desta tese. Pois é, além de “concentração e transpiração”, esse trabalho também traz consigo o barulhinho das ondas do mar de Ipanema, o cheirinho de maresia e a beleza do pôr-do-sol mais lindo do mundo, aplaudido de pé por seus fiéis admiradores, dentre os quais me incluo.

Posso dizer que o meu doutorado teve como trilha sonora as composições do 4 Cabeça (é assim mesmo que se escreve!), em especial, do meu querido amigo, Luis Carlinhos. LC, a sua música e o seu sorriso conseguiam um verdadeiro milagre nos meus momentos de maior tensão: acalantar a minha alma, devolvendo a alegria ao meu semblante e me proporcionando momentos de pura magia.

Saindo do mundo da arte e fazendo uma parada, obrigatória, no universo da tecnologia, gostaria de agradecer ao grupo de desenvolvedores do Google, por terem proporcionado um mecanismo de busca tão eficiente e preciso, que em muito contribuiu, durante todo o processo de pesquisa do meu doutorado, para o desenvolvimento desta tese.

Agradeço o apoio financeiro que recebi da PUC-Rio, através do Departamento de Informática, pela bolsa VRAC e ao CNPq, pela bolsa PCI, concedida através de convênio com o LNCC.

## Resumo

Lima, Luciana dos Santos; Endler, Markus; Soares, Luiz Fernando Gomes; Gomes, Antônio Tadeu Azevedo; Ziviani, Artur. **Um Protocolo para Descoberta e Seleção de Recursos em Grades Móveis *Ad hoc***. Rio de Janeiro, 2007. 213p. Tese de Doutorado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nos últimos anos, o uso de dispositivos móveis em grades computacionais tem sido alvo de crescente investigação. Entretanto, um problema mais desafiador, referente ao estabelecimento dinâmico de grades móveis, baseadas exclusivamente em redes sem fio *ad hoc*, ainda tem sido pouco investigado. Uma contribuição desta tese é a proposta de uma arquitetura de *software* específica para grades móveis, que pode ser igualmente aplicável a redes sem fio infra-estruturadas e *ad hoc*. Em grades fixas, a responsabilidade de prover um serviço computacional é compartilhada entre dispositivos com relativa abundância de recursos, se comparadas a grades móveis. Nestas últimas, é interessante que a descoberta e a seleção de recursos para execução de tarefas sejam tratadas conjuntamente, de modo a promover a seleção automática dos dispositivos com maior disponibilidade de recursos, considerando-se os requisitos da aplicação. Entretanto, tais elementos têm sido tradicionalmente tratados em separado na literatura relacionada a grades móveis e, em grande parte das abordagens existentes, assume-se que a seleção de recursos seja executada de forma manual pelos usuários da grade móvel. Esta tese propõe, como uma outra contribuição, um protocolo que integra as fases de descoberta e seleção automática de recursos em grades móveis, permitindo que a provisão de serviços computacionais seja escalonada entre os dispositivos com maior disponibilidade dos recursos requeridos pelo serviço. Devido à característica dinâmica dos recursos que correspondem às requisições dos usuários em uma grade móvel (por exemplo, tempo de CPU livre e memória disponível), o protocolo baseia-se unicamente no envio, sob demanda, de requisições via *broadcast*. No entanto, principalmente em redes sem fio *ad hoc* de saltos múltiplos, essa estratégia pode acarretar uma sobrecarga nos dispositivos envolvidos, tanto na difusão de requisições quanto no encaminhamento de respostas. Uma terceira contribuição desta tese é o desenvolvimento de um mecanismo que permite reduzir a sobrecarga, devido à difusão de mensagens de resposta, por meio da supressão de respostas excedentes

ao longo da rede. O mecanismo, embora implementado no contexto do protocolo proposto nesta tese, pode ser aplicado também a outros protocolos de descoberta baseados no envio de requisições via *broadcast*. Os resultados experimentais, obtidos em redes de testes e em plataformas de simulação, mostram que o protocolo proposto provê um balanceamento de carga eficiente entre os dispositivos, mediante o aumento do número de requisições. Além disso, pode-se observar que o mecanismo de supressão de respostas é escalável no que diz respeito ao crescimento do número de dispositivos, em comparação com protocolos de descoberta baseados puramente no envio de requisições por *broadcast* em redes sem fio *ad hoc*.

## **Palavras-chave**

Descoberta de Recursos; Seleção de Recursos; Grades Móveis; Redes Sem Fio.

## Abstract

Lima, Luciana dos Santos; Endler, Markus; Soares, Luiz Fernando Gomes; Gomes, Antônio Tadeu Azevedo; Ziviani, Artur. **A Protocol for Resource Discovery and Selection in Mobile Ad hoc Grids**. Rio de Janeiro, 2007. 213p. PhD Thesis – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In the last few years, the use of mobile devices in computational grids has seen a growing interest. Nevertheless, a more challenging issue, the dynamic establishment of mobile grids on wireless ad hoc networks, has been so far only partially addressed. The first contribution of this thesis is the proposal of a software architecture for mobile grids that can be used for both infrastructured and ad hoc wireless networks. In the execution of conventional applications in grids, the responsibility to provide the service is shared among the most resourceful mobile devices. In mobile grids, it is fundamental that resource discovery and selection of resources are jointly handled. This calls for a mechanism that promotes the automatic selection of the best resource providers amongst the discovered nodes, taking into account the requirements of the application. Discovery and selection, however, have been traditionally handled separately and in most approaches the selection of resources and services requires explicit intervention by the user of the mobile grid. As a second contribution of this thesis, we propose a protocol that integrates the phases of resource discovery and automatic selection in mobile grids, allowing that computational resource provisioning is scheduled among the most resourceful nodes. Due to the dynamics of the resources needed in a mobile grid (for example, free CPU time and available memory), the protocol is based solely on demand-driven broadcasts. However, mainly in multihop ad hoc wireless networks, this strategy can incur in overhead at the involved devices, due to the diffusion of requests and replies. A third contribution of this thesis is the development of a mechanism that allows to reduce this overhead by means of the suppression of redundant replies in the network. The mechanism has been implemented in the context of the proposal protocol, but can be applied as well to other query-based discovery protocols based on broadcasts. The experimental results obtained from executions in a testbed and through simulations show that the proposed protocol provides efficient load balancing between devices with an increasing number of requests.

Moreover, it can be observed that the mechanism for suppression of replies scales well with respect to an increasing number of devices when compared to other discovery protocols in wireless ad hoc networks that are purely based on requests via broadcast.

## **Keywords**

Resource Discovery; Resource Selection; Mobile Grids; Wireless Networks.

## Sumário

1	Introdução	24
1.1.	Motivação	24
1.2.	Requisitos para a Descoberta de Serviços em Grades Móveis <i>ad hoc</i>	26
1.3.	Objetivos	30
1.4.	Sumário das Principais Contribuições	32
1.5.	Organização da Tese	33
2	A Arquitetura MoGrid	36
2.1.	Introdução	36
2.2.	Modelo de Serviços da Arquitetura MoGrid	37
2.3.	Um <i>Middleware</i> para Grades Móveis	40
2.3.1.	Camada de Descoberta P2P	41
2.3.1.1.	API de Descoberta	41
2.3.1.2.	Entidades de Descoberta	44
2.3.2.	Camada de Transparência	47
2.3.2.1.	Subcamada de Acesso Transparente aos Recursos	48
2.3.2.2.	Requisitos da Camada de Acesso Transparente aos Recursos	51
2.3.2.3.	Subcamadas de Adaptação	55
2.4.	Os Modelos de Falhas da Arquitetura MoGrid	56
2.5.	Trabalhos Relacionados	60
2.5.1.	Discussão sobre os Trabalhos Relacionados	62
2.5.2.	Análise Comparativa	66
2.5.3.	Contribuições Alcançadas	70
3	Trabalhos Relacionados à Descoberta de Serviços	72
3.1.	Apresentação	72
3.2.	Classificação dos Protocolos de Descoberta de Serviços	74
3.2.1.	Os Mecanismos de Descoberta de Serviços	80

3.2.1.1. Descoberta Passiva	81
3.2.1.2. Descoberta Ativa	85
3.2.2. O Mecanismo de Seleção de Serviços	89
3.2.3. Mecanismos para oferecer suporte à Mobilidade	91
3.3. Visão Geral dos Protocolos de Descoberta de Serviços	95
3.4. Resumo Comparativo dos Protocolos de Descoberta de Serviços para MANETs	97
4 O Protocolo P2PDP	100
4.1. Introdução	100
4.2. Suposições a Respeito do Sistema	103
4.3. Visão Geral do Protocolo P2PDP	104
4.4. Classificação do Protocolo P2PDP	105
4.5. Funcionamento do Protocolo P2PDP	110
4.6. O Algoritmo de Supressão de Respostas	115
4.7. O Algoritmo para o Cálculo do Retardo no Envio de Respostas	121
4.8. O Mecanismo para o Reconhecimento do Envio de Respostas	124
4.9. Análise Comparativa do Protocolo P2PDP	128
5 Implementação	135
5.1. Tecnologias Utilizadas	135
5.2. Implementação do Protocolo P2PDP	137
5.2.1. Descrição de Recursos e Controle de Admissão	138
5.2.2. Mensagens de Controle P2PDP	138
5.2.3. Canal de Comunicação P2PDP	139
5.2.4. Entidades de Descoberta P2PDP	140
5.2.5. Cenários de Uso	144
5.3. Integração do MoGrid com o Globus Toolkit	145
5.3.1. O Globus Toolkit	145
5.3.2. Requisições de Descoberta P2PDP em uma Grade Globus	146
5.3.3. Monitoramento de Recursos em uma Grade Globus	148
5.3.4. Controle de Admissão em uma Grade Globus	149
5.3.5. Implementação do <i>Proxy</i> de Colaboração	150
5.4. Aplicações de Teste	152



5.4.1. Ambientes de Teste Reais	154
5.4.2. Ambiente de Teste Simulado	156
6 Avaliação de Desempenho	161
6.1. Cenários de Simulação e Métricas de Avaliação	161
6.2. Análise de Escalabilidade	165
6.2.1. Análise da Influência do P2PDP na Carga Média da MANET	168
6.2.2. Análise do Mecanismo de Supressão de Respostas do P2PDP	174
6.2.3. Visão Geral da Análise de Escalabilidade	180
6.3. Controle da Ocorrência de Colisões	181
6.4. Balanceamento de Carga	182
6.5. Visão Geral dos Resultados Obtidos	185
6.6. Avaliação do P2PDP na Presença de Mobilidade	185
6.6.1. Composição dos Cenários	186
6.6.2. Métrica de Avaliação	187
6.6.3. Resultados Obtidos	188
7 Conclusões	191
7.1. Contribuições da Tese	191
7.1.1. Contribuições para o Estado da Arte	192
7.1.2. Contribuições Tecnológicas	194
7.2. Trabalhos Futuros	195
7.2.1. Arquitetura MoGrid	195
7.2.2. Incorporação de Novos Mecanismos ao Protocolo P2PDP	196
7.2.3. Otimização de Mecanismos do Protocolo P2PDP	199
7.3. Considerações Finais	201
8 Referências Bibliográficas	202
A Apêndice	210
A.1. Detalhes sobre o Ambiente de Simulação NCTUns	210
A.2. Gráficos Complementares referentes à Análise da Influência do P2PDP na Carga Média da MANET	211

## Lista de Figuras

Figura 1 – Formação de uma grade móvel pela proximidade geográfica dos dispositivos.	26
Figura 2 – Arquitetura MoGrid.	40
Figura 3 – API de descoberta.	41
Figura 4 – Estrutura do parâmetro <code>serviceDescriptor</code> .	42
Figura 5 – Entidades envolvidas no processo de descoberta.	44
Figura 6 – Arquitetura MoGrid: a camada de transparência.	48
Figura 7 – Mecanismos de descoberta de serviços.	81
Figura 8 – Mecanismo de anúncio incremental do Konark.	82
Figura 9 – Encaminhamento de requisições baseado em grupos de serviços (adaptada de [Strang 2005]).	87
Figura 10 – Critérios de seleção de serviços.	90
Figura 11 – Métodos de provisão de suporte à mobilidade.	93
Figura 12 – Funcionamento básico do protocolo P2PDP em uma MANET.	110
Figura 13 – Mensagem <code>InitiatorRequest</code> (IReq).	111
Figura 14 – Representação ASN.1 da mensagem <code>InitiatorRequest</code> (IReq).	112
Figura 15 – Estrutura de dados <code>pendingList</code> .	112
Figura 16 – Representação ASN.1 da estrutura de dados <code>pendingList</code> .	113
Figura 17 – Mensagem <code>CollaboratorReply</code> (CRep).	114
Figura 18 – Representação ASN.1 da mensagem <code>CollaboratorReply</code> (CRep).	114
Figura 19 – Estrutura de dados <code>resumeList</code> .	115
Figura 20 – Representação ASN.1 da estrutura de dados <code>resumeList</code> .	115
Figura 21 – O algoritmo de supressão de respostas por vizinhança SbV.	116
Figura 22 – Cenário ilustrando a supressão de mensagens <code>CRep</code>	

com o algoritmo SbV.	119
Figura 23 – Propagação em eco de mensagens <i>CRep</i> pelo protocolo P2PDP.	125
Figura 24 – O algoritmo de tratamento de requisições.	126
Figura 25 – O algoritmo de reconhecimento de envio de respostas.	127
Figura 26 – O <i>proxy</i> de colaboração MoGrid.	137
Figura 27 – Descrição de recursos e controle de admissão.	138
Figura 28 – Declaração das mensagens de controle P2PDP.	139
Figura 29 – Canal de comunicação P2PDP.	140
Figura 30 – Entidades iniciador e coordenador e a subcamada de adaptação.	141
Figura 31 – Entidade colaborador.	142
Figura 32 – Seqüência de invocação de operações associadas à descoberta de serviço.	144
Figura 33 – Seqüência de invocação de operações associadas à recepção de uma requisição de serviço no colaborador.	144
Figura 34 – Mensagem <i>CollaboratorReply</i> ( <i>CRep</i> ) modificada.	148
Figura 35 – Entidade <i>proxy</i> de colaboração.	151
Figura 36 – Seqüência de invocação de operações associadas à recepção de uma requisição de serviço no <i>proxy</i> de colaboração.	151
Figura 37 – Exemplo de rodada de simulação do protocolo P2PDP.	157
Figura 38 – Rodada de simulação NCTUns com mobilidade.	160
Figura 39 – P2PDP: cenário de uso favorável.	162
Figura 40 – P2PDP: cenário de uso desfavorável.	163
Figura 41 – Carga na MANET para 20% de colaboradores ativos ( $\rho$ ).	170
Figura 42 – Carga na MANET para 40% de colaboradores ativos ( $\rho$ ).	171
Figura 43 – Carga na MANET para 60% de colaboradores ativos ( $\rho$ ).	171
Figura 44 – Carga na MANET para 80% de colaboradores ativos ( $\rho$ ).	172
Figura 45 – Eficiência da descoberta de serviços (extraída de [Lee et al. 2003]).	173
Figura 46 – Número médio de supressões para $R=4$ e $N=60$ .	175
Figura 47 – Número médio de supressões para $R=4$ e $N=120$ .	175
Figura 48 – Número médio de supressões para $R=4$ e $N=240$ .	176

Figura 49 – Distribuição das supressões de mensagens de resposta para $N=60$ .	177
Figura 50 – Distribuição das supressões de mensagens de resposta para $N=120$ .	178
Figura 51 – Distribuição das supressões de mensagens de resposta para $N=240$ .	179
Figura 52 – Carga cumulativa do uso da CPU nos nós colaboradores.	184
Figura 53 – Exemplo de distribuição inicial dos dispositivos em um cenário móvel.	187
Figura 54 – Eficiência da descoberta: percentual de respostas recebidas em função do número de respostas solicitadas.	190
Figura 55 – Carga na MANET para 20% de colaboradores ativos ( $p$ ).	211
Figura 56 – Carga na MANET para 40% de colaboradores ativos ( $p$ ).	212
Figura 57 – Carga na MANET para 60% de colaboradores ativos ( $p$ ).	212
Figura 58 – Carga na MANET para 80% de colaboradores ativos ( $p$ ).	213

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resumo comparativo dos projetos relacionados à arquitetura MoGrid.	69
Tabela 2 – Resumo comparativo dos protocolos de descoberta de serviços para redes sem fio.	98
Tabela 3 – Resumo comparativo entre o protocolo P2PDP e os protocolos de descoberta de serviços para MANETS de saltos múltiplos.	130
Tabela 4 – Parâmetros de simulação NCTUns sem contemplar mobilidade.	157
Tabela 5 – Parâmetros de simulação NCTUns contemplando a mobilidade.	159
Tabela 6 – Parâmetros de simulação <i>ns-2</i> .	168
Tabela 7 – Número total de transmissões de pacotes.	169
Tabela 8 – Número médio de supressões para $p=20$ e $p=60$ com $N=60$ .	177
Tabela 9 – Número médio de supressões para $p=20$ e $p=60$ com $N=120$ .	178
Tabela 10 – Número médio de supressões para $p=40$ e $p=80$ com $N=240$ .	179
Tabela 11 – Parâmetros de simulação dos cenários com mobilidade.	187
Tabela 12 – Eficiência da descoberta em função da velocidade de deslocamento.	188

## Lista de Acrônimos

<b>AKOGRIMO</b>	Access to KnOwledge through the GRId in a MObile world
<b>ALLIA</b>	Do termo inglês “allia-nce”.
<b>AODV</b>	Ad hoc On-demand Distance Vector
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ARES</b>	Architectures de RésEaux de Services
<b>ASA</b>	Audio Sharing Application
<b>ASL</b>	Adaptation SubLayers
<b>ASN.1</b>	Abstract Syntax Notation One
<b>AWK</b>	Aho, Weinberger, Kernighan O acrônimo corresponde as iniciais dos nomes de seus inventores.
<b>BEB</b>	Binary Exponential Back-off
<b>Bluetooth</b>	Do dinamarquês, Blåtand (Blue Tooth em inglês)  Harald “ <b>Blåtand</b> ” Gormson, rei dinamarquês (940 a 985 D.C.) que unificou os reinos da Dinamarca e da Noruega. Esse <i>viking</i> era conhecido pela sua diplomacia e capacidade de negociação. O logo do Bluetooth foi inspirado nas letras H e B do alfabeto rúnico [Bluetooth 2003].
<b>Bluetooth SDP</b>	Bluetooth Service Discovery Protocol
<b>CBRP</b>	Cluster Based Routing Protocol
<b>CDC/PP</b>	Connected Device Configuration/Personal Profile
<b>CLDC</b>	Connected Limited Device Configuration
<b>CoG</b>	Commodity Grid
<b>COLOMBA</b>	Context and Location-based Middleware for Binding Adaptation
<b>CoS</b>	Capacity of Service
<b>DARC*</b>	Distributed Ad Hoc Resource Coordination  Pronuncia-se “ <i>dark star</i> ”.
<b>DEAPspace</b>	Distributed Embedded Application Platform space
<b>DNS</b>	Domain Name System
<b>DR</b>	Delayed Replies
<b>DSR</b>	Dynamic Source Routing
<b>FDC</b>	Função de Distribuição Cumulativa
<b>FTA</b>	Field Theoretic Approach
<b>GIIS</b>	Grid Index Information Service

<b>GRADEp</b>	GRADE pervasiva
<b>GRAM</b>	Globus Resource Allocation Manage
<b>GridFTP</b>	Grid File Transfer Protocol
<b>GRIS</b>	Grid Resource Information Service
<b>GSD</b>	Group-based Service Discovery
<b>GSI</b>	Grid Security Infrastructure
<b>GTK</b>	Globus ToolKit
<b>HTTP</b>	Hyper Text Transfer Protocol
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>INRIA</b>	Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
<b>INSA</b>	Institut Supérieur des Sciences Appliquées
<b>IPv6</b>	Internet Protocol version 6
<b>ISAM</b>	Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis distribuídas
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>J2ME</b>	Java 2 Micro Edition
<b>J2SE</b>	Java 2 Standard Edition
<b>JINI</b>	Projeto Jini da Sun.  Pronuncia-se “ <i>GEE-nee</i> ”, sua origem está relacionada à palavra árabe que corresponde, em português, a “mágico”.
<b>K*Grid</b>	Korean national Grid
<b>LRU</b>	Least Recently Used
<b>Lua</b>	Inicialmente foi definido o acrônimo SOL ( <i>Simple Object Language</i> ), entretanto o escopo da linguagem foi reduzido, daí veio a inspiração; já que a linguagem seria algo menor do que o proposto inicialmente – SOL –, porque não se chamar Lua.
<b>M3</b>	Matrix-Matrix Multiplication
<b>MAC</b>	Medium Access Control
<b>MANET</b>	Mobile Ad hoc NETwork
<b>MARTIN</b>	Mechanisms and ARchitectures for TeleINformatics
<b>MASGRID</b>	Mobile Ad hoc Service GRID
<b>MDS</b>	Monitoring and Discovery Service
<b>MIDP</b>	Mobile Information Device Profile
<b>MILD</b>	Multiplicative Increase Linear Decrease
<b>MoCA</b>	Mobile Collaboration Architecture
<b>MoGrid</b>	Mobile Grid
<b>NCTUns</b>	National Chiao Tung University network simulator

<b>NGG</b>	Next Generation Grid
<b>ns</b>	network simulator
<b>nsTOOL</b>	ns dispaTcher and pOst-prOcessing Launcher
<b>OGSA</b>	Open Grid Services Architecture
<b>ORION</b>	Optimized Routing Independent Overlay Network
<b>OTcl</b>	Object Tool Command Language
<b>OWL</b>	Ontology Web Language
<b>P2P</b>	Peer-to-Peer
<b>P2PDP</b>	P2P Discovery Protocol
<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RAS</b>	Resource Access Service (MASGRID)
<b>RDS</b>	Resource Discovery Service (MASGRID)
<b>RNP</b>	Rede Nacional de Pesquisa
<b>RPC</b>	Remote Procedure Call
<b>RSSI</b>	Radio Signal Strength Indications
<b>RTT</b>	Round-trip Time
<b>RWP</b>	Random WayPoint
<b>SLP</b>	Service Location Protocol
<b>SOAP</b>	Simple Object Access Protocol
<b>SSDP</b>	Simple Service Discovery Protocol
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
<b>TEP</b>	Tabela de Execuções Pendentes
<b>TIMELY</b>	The Illinois Mobile Environment LaboratorY
<b>TRAP</b>	Transparent Resource Access Protocol
<b>TRAS</b>	Transparent Resource Access Sublayer
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>UPnP</b>	Universal Plug and Play
<b>UUID</b>	Universally Unique IDentifier
<b>VAN</b>	Vehicular Area Networks
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network
<b>WSDL</b>	Web Services Description Language
<b>XML</b>	eXtensible Markup Language