

Computação Móvel: Aspectos de Gerenciamento de Dados

Giani Carla Ito
*Instituto Nacional de
Pesquisas espaciais – INPE*
E-mail: giito@lac.inpe.br

Maurício Ferreira
*Instituto Nacional de Pesquisas
espaciais – INPE*
E-mail: Mauricio@lac.inpe.br

Nilson Sant’Ana
*Instituto Nacional de
Pesquisas espaciais – INPE*
E-mail: nilson@lac.inpe.br

Resumo

O avanço da tecnologia de comunicação sem fio e a crescente utilização de computadores portáteis dá início a um novo paradigma denominado computação móvel, onde o usuário pode acessar dados e recursos do sistema de diferentes pontos de acesso, independente de sua localização ser fixa ou móvel. O artigo proposto tem como objeto de estudo a computação móvel e bancos de dados móveis com ênfase em aspectos de gerenciamento de dados.

Palavras Chaves : Bancos de dados móveis, computação móvel, gerenciamento de dados.

1. Introdução

A utilização de bancos de dados móveis propicia facilidades de locomoção física que possibilitam aos usuários acesso aos dados com poucas ou nenhuma restrição de tempo e lugar. Usuários têm a possibilidade de participar de congressos, convenções e reuniões de negócios e realizar visitas a clientes e fornecedores, tendo acesso a seus arquivos pessoais armazenados em uma estação de trabalho distante, participando de teleconferências e efetuando, normalmente, suas tarefas computacionais diárias, mesmo quando distantes de sua residência ou local de trabalho.

Vendedores de campo são exemplos de trabalhadores com alta mobilidade que necessitam acessar bases de dados remotas e executar operações diversas. No seu computador portátil, carregam um banco de dados contendo os produtos que são vendidos, podendo entrar em contato com a estação base de sua empresa a fim de repassar as vendas realizadas, atualizar o cadastro com novos clientes, realizar consultas de preços, de quantidades em estoque, do valor da comissão a ser recebida, da requisição de mercadorias, entre outras informações.

Outro exemplo da utilização de bancos de dados móveis é o de pesquisadores que estão viajando regularmente pelo mundo e precisam entrar em contato com laboratórios para atualização de dados. Através dos recursos móveis, o pesquisador não precisa enviar a todo o momento dados

coletados para a rede fixa. Poderá fazer isso somente quando for necessário.

2. Arquitetura da Computação Móvel

A computação móvel utiliza computadores portáteis e comunicação sem fio para permitir aos usuários trabalharem fora de ambientes fixos. O ambiente móvel baseia-se na capacidade que os usuários têm, munidos de um dispositivo móvel (*laptops, handhelds, etc*), se comunicarem com a parte fixa da rede e possivelmente com outros dispositivos móveis, independentemente da sua localização. A comunicação sem fio pode ser realizada através de sistema

2.1. Computadores Móveis

As unidades ou *hosts* móveis são computadores portáteis, interligados em rede através de ligações sem fio, que permitem a mobilidade estabelecendo uma conexão virtual de qualquer localização dentro de uma área geográfica, como mostra a figura 1.

Computadores portáteis são dependentes de bateria, possuindo ainda algumas restrições físicas, como poder de armazenamento e processamento mais baixos se comparados aos computadores pessoais.

2.2. Computadores Fixos

Os computadores ou estações fixos fazem parte de uma rede fixa cuja localização e conectividade não mudam. São utilizados para fornecer vários tipos de informações para os usuários. As mensagens destinadas às unidades móveis são enviadas em primeiro lugar para a estação fixa, que mantém a localização da unidade móvel e envia as mensagens através das estações base.

As estações-base também conhecidas como *mobile support station* (estações de suporte móveis) realizam a comunicação entre a rede fixa e computadores móveis. São identificadas como servidores e estão localizadas próximas ou em uma torre de antena, que transmite ou recebe sinais eletromagnéticos dos dispositivos numa área específica. A altura, o design e o tamanho da antena são fatores que determinam o alcance do sinal que será transmitido. As

estações-base são conectadas via linhas fixas para os nós da rede sem fio.

Para gerenciar a mobilidade das unidades móveis o domínio geográfico é dividido em pequenos subdomínios, denominados células cobertas por interface sem fio. Cada célula é gerenciada por uma estação base, com transmissores e receptores para responder ao processamento de informações necessárias dos clientes localizados na célula. Caso os computadores móveis estejam próximos, a comunicação poderá ser realizada sem a intervenção de uma estação de suporte móvel. As células podem variar de tamanho, cobrindo desde um prédio até grandes áreas geográficas.

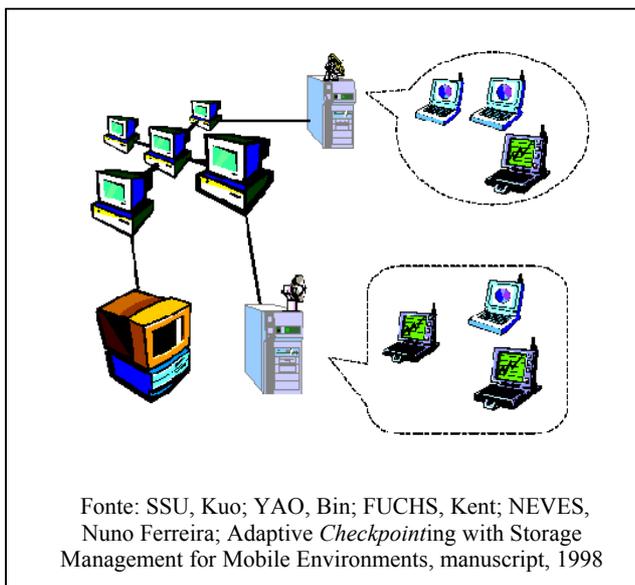


Figura 1- Arquitetura Computação Móvel

3. Aspectos Relacionados à Computação Móvel

3.1. Handoff

Quando os computadores se movimentam dentro de uma célula de cobertura ou entre células vizinhas durante a execução de aplicações, tem-se um movimento que gera um processo chamado *handoff*.

Handoff é um movimento entre duas estações-base adjacentes que garante uma transação enquanto usuários se deslocam de uma célula para outra, mantendo a conectividade de uma unidade móvel com a rede fixa [8]. Isto implica que uma estação-base pode detectar qualquer entrada e qualquer saída de usuários dentro e fora da sua célula. Durante o processo de *handoff*, as estações-base são responsáveis pela comunicação sem fio das unidades

móveis; este processo é realizado de forma transparente ao usuário.

3.2. Mobilidade

Um dos principais objetivos da computação móvel é a mobilidade dos computadores portáteis. Devido às diferenças estruturais de um sistema móvel, assim como as variações de tráfego, o ambiente de operação do usuário passa a ser altamente dinâmico.

A mobilidade introduz problemas e desafios não existentes em ambientes fixos. Vários problemas relativamente bem resolvidos na computação tradicional permanecem praticamente em aberto em ambientes móveis. Os principais problemas que a mobilidade apresenta vão desde a velocidade do canal, passando por interferências do ambiente e localização da unidade móvel, até a duração da bateria dessa unidade.

3.3. Desconexão

Devido à mobilidade, a qualidade do canal de comunicação tende a variar consideravelmente. Como consequência, protocolos de comunicação, sistemas operacionais e aplicativos devem estar preparados para lidar com flutuações na qualidade da conexão. Limitações impostas pelos canais de comunicação devem ser reconhecidas e a funcionalidade da conexão deve ser adequadamente restringida. Caso contrário, o usuário pode ter sua conexão bloqueada por intervalos prolongados, pois o sistema operacional ou o sistema de informação insistem em prosseguir com tarefas cujos requisitos de qualidade da conexão são incompatíveis com a condição do canal de comunicação naquele momento.

A desconexão ocorre quando uma unidade móvel se movimentada fora da área de cobertura de todas as células. Pode ser categorizada de duas formas: voluntária e involuntária. A desconexão involuntária ou forçada acontece quando uma unidade móvel entra em uma região onde não há cobertura da rede em que está registrada. A desconexão voluntária não é tratada como uma falha, pois devido à mobilidade e o poder das baterias, as unidades móveis sofrem de freqüentes desconexões [8]. Neste contexto a desconexão é considerada uma falha planejada que pode ser antecipada e preparada. Quando este planejamento acontece, dados são carregados para a unidade móvel para que ela possa ter autonomia de operação durante o período em que estiver desconectada.

4. Arquitetura de Bancos de dados Móveis

Existem vários tipos de arquiteturas possíveis para bancos de dados móveis. Uma arquitetura básica [9], consiste de plataformas de aplicação, um *host* servidor e a comunicação realizada entre eles, como mostra figura 2.

Neste caso, a plataforma de aplicação de bancos de dados móveis é um computador portátil que contém parte do banco de dados, onde são armazenadas informações, algumas camadas de software, o sistema operacional, o software de comunicação, o software responsável pelo gerenciamento do sistema e a aplicação de bancos de dados móvel.

Os usuários interagem com a aplicação do banco de dados e acessam informações armazenadas através de um SGBD-D. Os softwares para um ambiente distribuído devem tratar problemas de comunicação, desconexão, topologia dinâmica, entre outros fatores.

O banco de dados servidor normalmente é um computador de médio ou grande porte que é coordenado por um sistema de gerenciamento. O *host* que armazena o banco de dados contém dados dinâmicos que podem ser usados pelos usuários móveis. A posição do *host* na organização depende do tipo de informações que está sendo processado.

O banco de dados móvel troca informações com o computador que contém o banco de dados, de modo a manter a atualização, realizar consultas, etc. A comunicação entre ambos acontece com interrupções e em intervalos irregulares, por curtos períodos de tempo, sendo que, algumas vezes, não estão conectados em uma mesma rede.

5. Gerenciamento de Dados Móveis

Alguns aspectos fundamentais de gerenciamento de dados móveis são abordados neste artigo: paradigmas de acesso aos dados, gerenciamento de transações, replicação de dados, processamento de consultas e recuperação de falhas.

5.1. Paradigmas de Acesso aos Dados Móveis

Os computadores portáteis oferecem alguns tipos de limitações. Devido a este fator, existe a necessidade de formas de acesso aos dados que reduzam o número de acessos aos servidores de arquivos, diminuindo o tráfego de informações na rede de comunicação. Neste artigo aborda-se o método *caching* (armazenamento) e a difusão de dados.

Caching: A comunicação sem fio utiliza a desconexão por períodos substanciais como meio de economia, onde a largura de banda é limitada e variável. Mesmo estando desconectadas, algumas unidades móveis podem permanecer em operação, permitindo que os dados sejam utilizados resultando em diminuição de carga tanto no servidor quanto no canal de comunicação.

O mecanismo de *caching* em um ambiente móvel tem como objetivo o acesso mais eficiente aos dados. É utilizado a fim de aumentar a probabilidade de o dado procurado estar armazenado localmente na unidade móvel,

fazendo com que permaneçam em memória dados que serão possivelmente reutilizados de modo, a reduzir a contenção de dados, os tempos de repostas a consultas e, conseqüentemente, melhorar o desempenho do sistema.

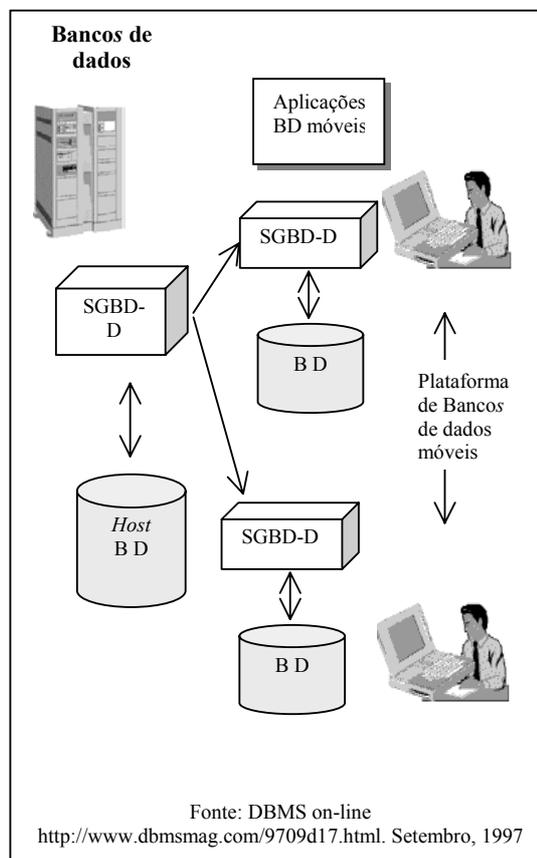


Figura 2- Arquitetura de Bancos de Dados Móveis

Difusão de dados: Alguns sistemas de comunicação fazem a transmissão dos dados utilizando fios de cobre ou fibra ótica. Devido à necessidade de comunicação sem fio, dados são transmitidos pelo ar, não utilizando qualquer tipo de meio físico, como é o caso da transmissão por raios infravermelhos, laser, microondas, satélite, rádio entre outros. O ar constitui-se de um meio natural para a propagação de sinais eletromagnéticos, pois provê uma interconexão completa e permite grande flexibilidade na localização das estações. Contudo existem alguns inconvenientes com relação a este sistema:

- Os equipamentos de radiodifusão ainda são caros e complexos, em razão dos níveis de potência de sinal na transmissão;
- Utilização de técnicas analógicas de modular e multiplexar;
- Variedade de fontes de interferência e ruído;

Os sistemas dependem da regulamentação pública para a utilização do espectro de frequências. A implantação de novos serviços de comunicação tem sido limitada pela regulamentação pública, que permite o compartilhamento do ar.

A difusão de dados ou *broadcasting* consiste em sistema de envio de mensagens, em que a mesma mensagem é enviada de uma estação de suporte móvel para todas as unidades móveis que estejam em uma célula.

5.2. Gerenciamento de Transações Móveis

Para garantir a consistência de dados compartilhados propensos à falhas e desconexões, usuários de unidades móveis e fixas atualizam e recuperam dados através de transações. Em sistemas de bancos de dados tradicionais, usuários interagem com o banco de dados por transações atômicas, consistentes, isoladas e duráveis. Em aplicações móveis estas propriedades são consideradas restritivas por serem limitadas, não suportando as desconexões e operações parciais (*commit e abort*).

Em um ambiente centralizado, a transação é solicitada, executada e o resultado é mostrado no mesmo site. Uma transação distribuída é completamente gerenciada pelo sistema, sendo executada concorrentemente por múltiplos processadores e conjuntos de dados sendo dividida em fragmentos e distribuída em diversos sites para a realização da sua execução.

Em um ambiente móvel, uma transação não é totalmente gerenciada pelo sistema; o deslocamento de uma unidade é que controla a execução da transação [2]. Desta forma, ela é realizada seqüencialmente através de várias estações base e em possíveis conjuntos de dados, dependendo do movimento da unidade móvel.

Devido à mobilidade, as transações podem ser executadas de diversas localizações e consequentemente de diferentes servidores. Diferentemente de transações realizadas em uma rede fixa, as transações móveis podem acessar dados que estão em constantes mudanças de lugar, sendo assim dependente da localização deles.

A mobilidade resulta em transações que acessam sistemas heterogêneos de informações. A utilização de redes sem fio acarreta transações de longa duração, devido à sobrecarga de dados na rede, sendo mais propensas a erros, pelo fato das freqüentes desconexões e a duração das baterias. Podem ser baseadas em sessões para evitar transações demasiadamente demoradas. Devido ao longo tempo da duração das atividades, vários refinamentos de transações são necessários. A idéia básica é tratar cada transação como um conjunto de transações parciais.

Uma unidade móvel pode ter autonomia local para processar transações apesar das freqüentes desconexões. Na reconexão, os efeitos das transações móveis encerradas durante a desconexão deverão ser incorporadas ao banco

de dados, garantindo desta forma, o sucesso da transação [12].

5.3. Processamento de Consultas no Ambiente Móvel

Consultas realizadas em bancos de dados móveis possuem maior complexidade se comparado a consultas em bancos de dados centralizados, pois o número de parâmetros que afetam o desempenho dessas consultas é maior. No ambiente móvel, fatores como largura de banda limitada, consumo de energia, mobilidade, entre outros, são determinantes para que a consulta seja realizada. No ambiente centralizado, os acessos à memória principal e a disco são os principais critérios para a otimização das consultas.

Para que uma consulta seja efetuada em um ambiente móvel, é necessário conhecer a localização precisa da unidade que está em movimento. O uso de computadores em navios, aviões, carros entre outros meios de transporte, dificulta esta localização, devido as constantes mudanças de lugar. Consultas a cerca do posto de gasolina mais próximo, hotéis, restaurantes, hospitais e outros tipos de serviços necessários enquanto se está em movimento, são exemplos de consultas móveis.

Em bancos de dados móveis, quando um usuário faz uma consulta, diversos fatores contribuem para o tempo de resposta do sistema, tais como [5] :

- O tempo de transmissão de dados pode ser alto. A baixa taxa de transmissão dos meios sem fio, a baixa confiabilidade, que pode gerar retransmissões freqüentes, influem nesse tempo.
- A execução da consulta ao banco de dados pode ser demorada, principalmente no caso em que as cidades são grandes, com grande número de ruas e informações. O grande uso de forma concorrente também pode retardar o tempo de resposta do banco de dados.
- O usuário pode estar desconectado da rede, por vontade própria ou não. O tempo de desconexão pode ser longo e a resposta pode demorar mais para chegar ao usuário que a solicitou.

5.4. Replicação de Dados

A replicação é o processo no qual transações executadas em um banco de dados são propagadas assincronicamente para um ou mais bancos de dados de forma serial. A serialização significa que as transações, assim como todas as operações, são replicadas na mesma ordem na qual elas foram solicitadas. Caso isto não aconteça, podem ocorrer inconsistências entre a unidade móvel e o servidor. A propagação de forma assíncrona significa uma forma de armazenar e enviar replicação, ou seja, as operações que serão replicadas do servidor podem ser armazenadas em

um banco de dados fonte até que sejam propagadas para as unidades móveis, no momento da sincronização, pois algumas vezes a conexão se torna impossível [9].

No ambiente móvel é importante que estações móveis acessem o banco de dados de maneira que a comunicação seja rápida e reduzida. A replicação é necessária para sincronizar os dados e as operações no banco de dados. Usuários móveis necessitam da replicação de dados para armazenar aqueles utilizados mais freqüentemente durante o período de desconexão fraca ou total. O item é copiado para a estação móvel, onde a leitura é realizada localmente, sem necessidade de comunicação da estação móvel com o servidor.

A replicação completa é melhor que o método *caching*, pois utiliza a funcionalidade completa nos dados do computador portátil e os dados são generalizados para mais de um usuário. Com a replicação, se pelo menos uma das cópias estiver disponível, a confiabilidade aumenta, uma vez que o usuário não depende apenas dos dados disponibilizados em uma única localidade. No caso de acontecer algum problema no sistema, a réplica mais próxima dos dados é solicitada pelo usuário.

Em um sistema de arquivos replicados desconectado, o cliente armazena conjuntos de arquivos específicos em diretórios locais, podendo desconectar e realizar atualizações localmente, ou seja, o cliente armazena dados e trabalha in loco nos dados em um modo desconectado. Quando o cliente refizer a conexão, todos os arquivos atualizados serão reintegrados.

5.5. Recuperação de Falhas

Uma das grandes diferenças entre um ambiente móvel e um ambiente centralizado consiste na capacidade de o primeiro oferecer mobilidade e recuperação de dados a qualquer hora e sem limites geográficos. O processo de recuperação é responsável por preservar a consistência do banco de dados após falhas do sistema, de transações ou dos meios de comunicação. Uma parte essencial do sistema de bancos de dados é um esquema de recuperação responsável pela detecção de falhas e pela restauração do banco de dados para um estado consistente que existia antes da ocorrência da falha.

Para que o sistema não seja prejudicado devido às falhas em seus componentes, erros devem ser detectados o mais rápido possível, através de diagnóstico apropriado. Para recuperar os dados, informações relevantes são armazenadas em um local fixo durante o processamento de transações.

Em sistemas distribuídos a recuperação de falhas é baseada em pontos de recuperação, conhecidos como *checkpoints*. No caso de falhas e desconexões, a aplicação usa o último *checkpoint* salvo para reiniciar sua execução [8]. A unidade móvel deve estar sempre informada sobre qual célula se encontra e quando o sistema entrará em

modo de desconexão, pois ela é responsável por gerar um *checkpoint* caso mude de célula ou haja uma desconexão.

Algumas características de um esquema de *checkpoint* em um ambiente móvel são analisadas a seguir, quais sejam: localização, desconexão, energia, rede e falhas.

- **Localização:** Para que exista a comunicação entre a rede fixa e a unidade móvel, é necessário saber a localização exata desta última. Uma unidade móvel precisa ser localizada para depois determinar seu *checkpoint*. O protocolo *checkpoint* tem a função de armazenar o estado do processo em um *site* conhecido ou em um computador próximo da localização atual da unidade móvel. O protocolo pode também manter a trilha dos lugares onde o estado do processo foi salvo.

- **Desconexão:** A criação de *checkpoints* por processos enquanto a unidade móvel está desconectada é possível. Por outro lado, os protocolos têm a função de salvar grande quantidade de informações que garantam sua execução após uma falha. Estas informações incluem a ordem da recepção e os conteúdos das mensagens. Quando as informações precisam ser salvas nas unidades móveis, pode haver limitação de memória e de armazenamento.

- **Energia:** O protocolo *checkpoint* tem a função de reduzir a quantidade de informações que são adicionadas para as mensagens e evitar o envio de mensagens extras, realizando o menor número possível de acessos ao servidor.

- **Rede:** A diversidade de tecnologias utilizadas em redes *wireless* faz com que as características da rede não sejam constantes, tais como, custos, velocidade e latência. O protocolo *checkpoint* deve se adaptar às características da rede onde está atuando.

- **Falhas:** Unidades móveis podem apresentar falhas de *software* e de *hardware*. Falhas de *software* podem ocorrer quando acontecem problemas com o sistema operacional, descarga de bateria, entre outros. São gerenciadas por *soft checkpoints*, que são armazenados localmente na unidade móvel. Falhas de *hardware* ocorrem quando, por exemplo, o computador portátil é roubado, danificado, etc. São gerenciadas por *hard checkpoints* que são armazenados na rede fixa. O protocolo *checkpoint* deve fornecer mecanismos para tolerar os tipos de falhas que possam vir a acontecer com as unidades móveis.

5.6. Tecnologias de Bancos de Móveis

Algumas empresas de bancos de dados, como a *Oracle*, *IBM*, *Microsoft* e *Sybase*, lançaram versões de seus bancos de dados corporativos para dispositivos portáteis, proporcionando a funcionalidade de bancos de dados em três camadas: servidores corporativos, *desktops* e unidades

móveis [10], [11], [6]. Os produtos disponíveis pertencem as seguintes empresas :

- Oracle 8i Lite
(http://technet.Oracle.com/products/8i_Lite/pdf/Ceds99.pdf);
- SQL Server CE
(<http://www.microsoft.com/brasil/sql/productinfo/prodover.stm>);
- DB2 Everywhere
(www.developer.ibm.com/devcon/novcc00.htm)
- SQL Anywhere Studio
(www.hallogram.com/sybase-sql-anywhere).

6. Considerações Finais

Por se tratar de um assunto relativamente novo, o ambiente móvel representa um desafio para mundo tecnológico. No campo dos desafios técnicos, um dos grandes problemas é a capacidade de armazenamento de energia, ainda pequena nos dias atuais. Outro fator é a confiabilidade da utilização da computação sem fio em operações que requerem elevado grau de segurança, pois, as informações são transmitidas pelo ar, através de ondas eletromagnéticas, fazendo com que a confiabilidade seja questionada.

A mobilidade também ocasiona uma série de problemas, tais como, altas taxas de erros, baixa velocidade de comunicação, desconexões frequentes, baixa largura de banda, heterogeneidade de tecnologias sem fio, ausência de integração entre as redes móveis, etc.

Embora a capacidade dos equipamentos móveis esteja crescendo consideravelmente, a memória disponível e o poder de processamento são recursos muito valiosos na computação móvel. Desta forma, um sistema de bancos de dados relacional deve ser o mais compacto possível, para que possa ser utilizado em dispositivos móveis.

No campo das aplicações, muito se tem discutido a respeito das unidades móveis e mecanismos que permitam a elas se adaptarem às alterações do ambiente, através de softwares adequados, protocolos de acesso homogêneo, acesso uniforme à informação sobre localização, endereço universal para unidades móveis, alocação automática de largura de banda, entre outros fatores.

Como trabalho futuro pretende-se estudar com mais profundidade o ambiente móvel enfatizando a qualidade de serviço e a segurança nos ambientes sem fio.

7. Referências

[1] DUNHAM, Margaret H; Helal A. **Mobile Computing and Databases: Anything New?**. SIGMOD Record, v. 24, n. 4, dezembro, 1995

[2] DUNHAM, Margaret H; KUMAR, V. **Defining Location Data Dependency, Transaction Mobility and Commitment**. Relatório Técnico 98-CSE-1, fevereiro, 1998

[3] FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE, MDA'9; (1748:1999:china). **Anais**. Mobile Data Access: Springer, 1999.

[4] MATEUS, Geraldo Robson; LOUREIRO, Antonio A. Ferreira. **Introdução a Computação Móvel**. DCC/IM, COPPE/Sistemas, NCE/UFRJ, 11^a. Escola de Computação, 1998.

[5] NASSU, Eugenio Akihiro; FINGER, Marcelo. **O Significado de “Aqui” em Sistemas Transacionais Móveis**, I Workshop SIDAM (Sistemas de Informação Distribuída de Agentes Móveis), outubro, 2000, p. 55-63

[6] NOETHER; Angela . **Extending enterprise data to mobile devices**. Developer Tollbox Team, 2000.
Disponível em : <http://www.developer.ibm.com>

[7] OZU, M. Tamer; VALDURIEZ, Patrick. **Principles of distributed databases systems**. Upper Saddle River, ed. Prentice –Hall, New Jersey, 1999.

[8] PITOURA, Evaggelia; SAMARAS, George. **Data Management for Mobile Computing**, Kluwer Academic Publishers, 1998.

[9] RENNHACKKAMP, Martin. **Mobile databases, Tetherless Computing Liberates End Users but Complicates the Enterprise**. DBMS online, setembro 1997.

[10] SHORES, Redwood. **Reviewr's Guide Oracle8i™ Lite**. Oracle Corporation, CA 94065, 2000.
Disponível em : <http://www.Oracle.com>

[11] SYBASE, **Synchronization Technologies for Mobile and Embedded computing**. 2000. Disponível em:
<http://www.Sybase.com/detail/1,3693,1009526,00.htm>

[12] WALBORN, D. Gary; CHRYSANTHIS, K. Panos. **Supporting Semantics-Based Transaction Processing in Mobile Database Applications**. Proceedings of the 14th Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS-95), Setembro, 1995.