

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM
APLICATIVO DE VERIFICAÇÃO DE
AUTENTICIDADE DE OBJETOS
FÍSICOS UTILIZANDO TECNOLOGIAS
DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Caroline Fighera Vicentini

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DE
VERIFICAÇÃO DE AUTENTICIDADE DE OBJETOS
FÍSICOS UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE
COMPUTAÇÃO UBÍQUA**

por

Caroline Fighera Vicentini

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Ciência da Computação
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Iara Augustin

Trabalho de Graduação N. 242

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Curso de Ciência da Computação**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Graduação

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DE VERIFICAÇÃO
DE AUTENTICIDADE DE OBJETOS FÍSICOS UTILIZANDO
TECNOLOGIAS DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA**

elaborado por
Caroline Fighera Vicentini

como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^ª. Dr^ª. Iara Augustin
(Presidente/Orientador)

Prof. Bel. Antonio Marcos de Oliveira Candia

Prof^ª. Msc. Oni Reasilvia de Almeida Oliveira Sichonany

Santa Maria, 01 de Fevereiro de 2008.

*“Invoca-me, e responderei, e anunciar-te-ei coisas grandes e ocultas, que não
sabes.”*

— JEREMIAS 33:3

AGRADECIMENTOS

É bom poder chegar no final dessa jornada e saber que a conquista não é somente minha, saber que pessoas importantes estiveram ao meu lado e tornaram esta conquista possível.

Começando pelo agradecimento mais importante: a Deus; pela oportunidade de fazer o curso e pelas oportunidades dentro do curso, pela paciência comigo, pela companhia e ajuda nos momentos em que tudo parecia não dar certo, pela família maravilhosa que eu tenho e pelas pessoas que colocou ao meu redor que mudaram e mudam minha vida. E pela vida.

À minha família. Primeiramente aos meus pais, por tudo: por acreditar, por incentivar, pela paciência, pelas renúncias, pelos valores, pela obstinação, pela compreensão, enfim, por tudo o que sou; certamente sem vocês eu não estaria aqui. Agradecimentos especiais para Nonna e o Nonno, por serem minha segunda mãe e meu segundo pai; apenas ter vocês ao meu lado fez grande diferença em minha vida. *Grazie di cuore.*

Ao Jow, cuja companhia tornou esses quatro anos suportáveis, também pela compreensão nos períodos em que meus pensamentos estavam inteiramente voltados para códigos, trabalhos e prazos.

Em especial ao meu irmão. Agradeço muito por não me ajudar a fazer o curso e mesmo assim sempre dar-me a atenção necessária em momentos de dúvida. Quanto ao conselho de não fazer o curso, não poderia haver conselho pior.

Aos nossos mestres. Aos professores que tiveram a preocupação de transmitir conhecimento e desafiar nossos limites. Sem o esforço de vocês não teríamos adquirido a proficiência que hoje temos. Em especial agradeço à professora Iara, cuja orientação e paciência tornaram a realização desse trabalho possível. Agradecimentos também às minhas tutoras de PET: Oni e Andrea.

Aos colegas, pelo companheirismo, pelas dúvidas e conhecimento compartilhados, piadas e madrugadas a dentro fazendo trabalhos. Também aos colegas do PET, que juntos desenvolvemos nossos conhecimentos. Em especial, aos colegas de trabalhos de aula e de PET, por tolerar meu temperamento e minha forma de trabalhar.

Certamente tenho mais nomes e grupos a agradecer, pessoas que mudaram a minha vida, que me ajudaram nesse trajeto. A vocês peço desculpas por não citá-los, mas tenham certeza que não esqueço do que fizeram por mim.

RESUMO

Trabalho de Graduação
Curso de Ciência da Computação
Universidade Federal de Santa Maria

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DE VERIFICAÇÃO DE AUTENTICIDADE DE OBJETOS FÍSICOS UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA

Autor: Caroline Figuera Vicentini
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Iara Augustin

Local e data da defesa: Santa Maria, 01 de Fevereiro de 2008.

O acesso à informação na sociedade atual tem grande importância e diferencial na vida profissional e no cotidiano das pessoas. Atualmente, as informações são disponibilizadas através de diversas mídias, como televisão, revistas, jornais, etc. A área da informática contribuiu nos últimos anos para o armazenamento e disseminação de informações; um exemplo é a Internet, que permite o acesso a uma grande quantidade e diversidade de conteúdos. Ao encontro desses fatos, vem a proposta de computação ubíqua, que visa a computação invisível, totalmente integrada e embutida no ambiente de forma a conectar o mundo físico (objetos) ao mundo virtual. Uma forma de disponibilizar informações digitais em objetos é através da utilização de códigos de barras. Os novos códigos de barras bidimensionais permitem que as informações neles codificadas sejam acessadas através de telefones celulares, possibilitando o acesso às informações contidas no ambiente. Este trabalho tem como proposta o estudo dos códigos de barras bidimensionais disponíveis para agregar informações digitais a objetos físicos e a utilização desta tecnologia para o desenvolvimento de um aplicativo para verificação de autenticidade de objetos físicos em ambientes ubíquos. O aplicativo baseia-se no estudo de caso de verificação de autenticidade de certificados digitais gerados em eventos.

Palavras-chave: Computação Ubíqua; código de barras bidimensionais; verificação de autenticidade; Semacode; simulador.

ABSTRACT

Trabalho de Graduação
Graduate Program in Computer Science
Universidade Federal de Santa Maria

DEVELOPING AN AUTHENTICITY CHECK APPLICATION USING TECHNOLOGIES OF UBIQUOUS COMPUTING

Author: Caroline Figuera Vicentini

Advisor: Prof^ª. Dr^ª. Iara Augustin

The access to information in our society nowadays has a great importance and differential in our professional and daily life. Nowadays, the information is available by several kinds of medias, like: television, magazines, journals, etc. The Computation has developed in the latest years contributing to store and spread the information worldwide. The Internet is an example of these contributions, which allows access to a large amount of information and diversity of content. Simultaneously, the ubiquitous computing has the aim to turn the computing invisible to the user, completely integrated and embedded in the environment in order to connect the physical world (objects) to the virtual world. One way to make the digital information available on objects is using bar codes. The new bidimensional bar codes enable access to encoded information through mobile phones, making possible to access the available information in the environment. This work presents a study of bidimensional bar codes available nowadays able to add digital information to physical objects and the development of an application which uses this technology to make the authenticity verification of physical objects existent in an ubiquitous environment. The application is based on the case study of authenticity verification of digital certificates generated in events.

Keywords: Ubiquitous computing; bidimensional bar codes, authenticity verification, Semacode, simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplos de métodos de identificação de links físicos.....	14
Figura 2.2 – Funcionamento do projeto Semapedia	18
Figura 2.3 – Tipos mais comuns de códigos de barras	20
Figura 2.4 – Evolução das linguagens Web para dispositivos móveis	23
Figura 3.1 – Diagrama de seqüências: usuário acessa informações	30
Figura 3.2 – Modelagem da base de dados do sistema dos certificados.....	31
Figura 3.3 – Padrão de passagem de parâmetro adotado	35
Figura 3.4 – Código SQL de consulta para impressão de certificados	36
Figura 3.5 – Código SQL de consulta modificada para o aplicativo	36
Figura 4.1 – Funcionamento do simulador do telefone celular	39
Figura 4.2 – Código de exibição de dados utilizando o padrão XHTML-Basic	40
Figura 4.3 – Exibição de resultados no navegador	41
Figura 4.4 – Acesso ao aplicativo pelo simulador.....	43
Figura 4.5 – Acesso ao aplicativo pelo navegador web	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Utilização de Telefones Móveis com Internet Habilitada, 2001-2004 . . . 20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Computação Ubíqua e Ícones Físicos	13
2.2	Código de Barras	15
2.2.1	Códigos de Barras Bidimensionais	15
2.2.2	Utilização dos Códigos de Barra Bidimensionais	17
2.2.3	Análise dos Códigos de Barras Bidimensionais	18
2.3	Interface WEB para Dispositivos Sem Fio	20
2.4	Certificação com Terceiro de Confiança	24
3	MODELAGEM E PROJETO DO APLICATIVO	26
3.1	Objetivo do Sistema	26
3.2	Questões de Projetos	26
3.3	Escolha de Estudo de Caso para Desenvolvimento do Protótipo	28
3.4	Funcionalidades do Aplicativo	29
3.5	Alterações no Sistema de Certificados do PET-CC	30
3.6	Ferramentas Utilizadas	32
3.6.1	SemaCode	32
3.7	Modelagem do Aplicativo	34
4	DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO	38
4.1	Simulação do Funcionamento	38
4.2	Implementação do Aplicativo	40
4.3	Realização de Testes	41
4.4	Implantação do Aplicativo	42
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O número de dispositivos computacionais vem aumentando nos últimos anos devido a baixa dos preços e ao avanço da tecnologia. À medida que a quantidade de dispositivos existentes cresce, a disponibilização de recursos e aplicativos para os mesmos também aumenta, gerando demanda de novas aplicações e formas de utilização. Tendo em vista a grande diversidade de dispositivos existentes, utilizá-los separadamente sem nenhuma integração para aproveitamento de recursos significa subutilizar os recursos disponíveis.

A tentativa de integrar os dispositivos através da rede comum vem ao encontro da proposta de computação ubíqua, que também busca a integração dos dispositivos e objetos físicos de forma que os mesmos colaborem entre si em favor do usuário (WEISER, 1991). Outra premissa da computação ubíqua é que a utilização dos recursos computacionais seja transparente para o usuário, não o obrigando a compreender o funcionamento dos dispositivos para que os mesmos sejam utilizados, mudando o enfoque do trabalho para a realização da tarefa, e não para a utilização dos recursos.

Atualmente, existem vários projetos relacionados com computação ubíqua. Um exemplo de projetos desenvolvidos nessa área são as casas inteligentes, ou *smart houses*, onde a casa é equipada com diversos dispositivos eletrônicos que estão interligados entre si e que permanecem invisíveis no ambiente, apenas auxiliando os moradores (PARK et al., 2003) (MEYER; RAKOTONIRAINY, 2003). Outro projeto a ser citado é a realidade aumentada, na qual, com auxílio de óculos especiais, o usuário vê informações adicionais ao mundo real (LOOSER; BILLINGHURST; COCKBURN, 2004) (BIMBER; RASKAR, 2006). A computação de vestir, ou *wearable computing*, também está relacionada com a computação ubíqua visando que os computadores acompanhem os usuários, prestando auxílio quando necessário (RANDELL; MULLER, 2002). O projeto que colabora com a construção de ambientes ubíquos relevantes a este trabalho é a agregação de informa-

ções digitais a objetos físicos de forma que possam ser acessadas posteriormente pelos usuários (ISHII; ULLMER, 1997).

A utilização de códigos de barras pelos estabelecimentos comerciais é uma forma de agregar informações a objetos físicos, pois a informação codificada na forma de imagem pode ser recuperada e processada por sistemas computacionais (GOODLOE et al., 2002). Devido a novas demandas do mercado, códigos de barras bidimensionais foram desenvolvidos e, entre outras aplicações, possibilitam que as informações neles codificadas possam ser recuperadas e acessadas através dos telefones celulares que tenham câmeras digitais e permitam acesso à Internet. Essa nova tecnologia permite a construção de aplicações no cenário previsto pela computação ubíqua.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um aplicativo para conferência de objetos físicos, possibilitando a verificação da validade das informações referentes aos objetos através do acesso das informações digitais agregadas ao mesmo. Para isso foi selecionado um código de barras bidimensionais existente que possibilita a decodificação e o processamento das informações através de telefones celulares, de maneira que o contexto da aplicação seja um ambiente ubíquo, no qual o usuário pode acessar a informação sem necessidade de utilizar um *scanner*. Para a construção do aplicativo, foi escolhido como estudo de caso a verificação de autenticidade de certificados gerados em eventos. Este será implantado para uso no PET-Ciência da Computação, da UFSM, que já possui um sistema gerenciador de certificados desenvolvido. Outro objetivo visado no desenvolvimento do trabalho é a análise dos tipos de códigos de barras bidimensionais existentes, de forma que as vantagens e desvantagens de cada tipo sejam avaliadas para a adoção adequada do código de barras bidimensionais.

Este texto se encontra organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 relata a revisão bibliográfica, onde são apresentados conceitos sobre computação ubíqua, os tipos de códigos de barras, os códigos de barras bidimensionais, a usabilidade de telefones celulares e o funcionamento de sistemas com utilização de terceiro de confiança; no Capítulo 3, o projeto do aplicativo e o estudo de caso são detalhados mostrando a análise, questões de projeto e a solução adotada; o Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento da modelagem do aplicativo proposta e a implantação do aplicativo no servidor do grupo PET-CC; o Capítulo 5 apresenta as conclusões, apresentando seu estado atual e atividades futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para a compreensão do trabalho desenvolvido, sendo eles: o conceito de computação ubíqua, que é o plano de fundo no qual o trabalho se encontra definido; uma análise dos códigos de barras existentes, seu funcionamento e aplicações; a tecnologia de códigos de barras bidimensionais e seu funcionamento em ambientes ubíquos, aplicações existentes para códigos de barras bidimensionais seguida de uma análise dos tipos de códigos de barras bidimensionais mais usados; conceitos de usabilidade para sistemas desenvolvidos para telefones celulares e outros dispositivos móveis; e por fim, uma análise sobre o funcionamento do emprego de confiança baseada em terceiros em sistemas de autenticação.

2.1 Computação Ubíqua e Ícones Físicos

A computação ubíqua foi proposta por Mark Weiser, no início dos anos noventa, como o novo paradigma da computação, no qual o ambiente é impregnado de dispositivos computacionais invisíveis ao usuário que nele se encontra inserido (WEISER, 1991). Outra característica da computação ubíqua é a capacidade dos dispositivos presentes no ambiente se comunicarem entre si através de uma rede comum para a realização de tarefas em benefício do usuário. A premissa de os recursos e dispositivos serem invisíveis ao usuário significa que ele não toma consciência de os estar utilizando, não existindo a necessidade de configurá-los e operá-los; o usuário utiliza os recursos mesmo sem perceber conscientemente esta atividade, podendo, assim, se preocupar em simplesmente realizar a tarefa desejada sem se preocupar como a fará.

Os investimentos no desenvolvimento de tecnologias para construção de ambientes e recursos ubíquos vêm crescendo. Dentre os domínios de aplicação sendo desenvolvidos que estão diretamente relacionados com computação ubíqua podem ser citados: casas in-

teligentes (*smart houses*), realidade aumentada (*augmented reality*), computação de vestir (*wearable computing*), ícones físicos (*Physical Icon* ou *Phicon*) entre outros.

Os ícones físicos buscam integrar o mundo físico existente com o mundo digital criado pela computação através da interação do usuário com objetos físicos ao invés do uso de telas de softwares convencionais (ISHII; ULLMER, 1997). Este tipo de tecnologia vai ao encontro da proposta de computação ubíqua pois busca colocar os computadores em um plano de fundo e torná-los invisíveis.

A agregação de informações digitais no ambiente físico feitas pelos ícones físicos se baseia em duas técnicas principais: de localização e de etiquetagem (HANSEN, 2006). A primeira centra-se na localização aproximada dos objetos para referenciar informações relativas a eles, podendo utilizar-se para isso tecnologias como o GPS (*Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global), Bluetooth, entre outros, como mostrado na Figura 2.1. A técnica baseada em etiquetagem utiliza etiquetas para associar as informações digitais ao objeto físico; as etiquetas empregadas podem ser desde simples códigos de barras até RFIDs (*Radio-Frequency Identification*) (WANT et al., 1999), como mostrado na Figura 2.1.

	Método	Hardware	Precisão	Viabilidade técnica	Esforço do usuário	Disponibilidade
L o c a l i z a ç ã o	Entrada Manual	Presente	Relativo	Fácil	Alto	Todo lugar
	Sensores IR	Presente	Sala fechada	Fácil	Baixo/Médio	No local
	Posicionamento Ultrasônico	Surgindo	Sala fechada (ID)	Média	Baixo	No local
	Posicionamento WLAN	Surgindo	Sala fechada (ID)	Média	Baixo	No local
	Posicionamento GSM	Surgindo	1-10Km (ID)	Média	Baixo	Todo lugar
	Posicionamento Bluetooth	Surgindo	1-10m (ID)	Média	Baixo	No local
	GPS	Presente	10-50m	Fácil	Baixo/Médio	Global
	GPS Diferencial	Presente	1cm-1m	Média	Baixo/Médio	Global
E t i q u e t a	Código de Barras	Presente	ID	Fácil	Médio	Todo lugar
	Código de Barras 2D	Presente	ID	Média	Médio	Todo lugar
	RFID	Presente	ID	Fácil	Médio	Todo lugar
	IR Sinal	Presente	ID	Fácil	Médio	No local

Figura 2.1: Exemplos de métodos de identificação de links físicos.

Fonte: (HANSEN, 2006). Adaptado.

2.2 Código de Barras

Os códigos de barras causaram grande revolução nos estabelecimentos comerciais, principalmente devido à praticidade na conferência de estoques e ao controle do fluxo de caixa, e pelo baixo custo na adoção do mesmo. Além da utilização em estabelecimentos comerciais, os códigos de barras possuem outras funções e empregos, dentre as quais podem-se citar: a utilização dos mesmos em postos de correios para facilitar a tarefa de separar a correspondência por local ao qual se destinam e a utilização para classificar e catalogar livros em bibliotecas.

Os códigos de barras são imagens que simbolizam alguma informação, que é representada através de barras lineares verticais. Para gerar as imagens dos códigos, primeiramente, é escolhido um padrão a ser adotado; após, uma informação referente ao objeto ou produto em questão é codificada utilizando o codificador adequado. A informação codificada é posteriormente recuperada através de um *scanner* ótico; deve ser instalado nos *scanners* o decodificador das imagens correspondente ao padrão utilizado para codificá-las. Após feita a leitura e decodificação do código de barras, a informação é enviada ao sistema que irá realizar o processamento.

Os códigos de barras existentes podem ser classificados em relação à forma que a informação é recuperada como: códigos de barras lineares e códigos de barras bidimensionais. Os códigos de barras lineares são comumente encontrados no comércio e sua leitura depende apenas da obtenção de uma faixa linear do código contendo o tamanho de cada barra vertical para a decodificação das informações. Os códigos de barras bidimensionais (2D) necessitam a leitura das duas dimensões do código, de forma que toda a imagem seja processada e a informação possa ser decodificada. Outra diferença entre os dois tipos de códigos de barras é referente à capacidade de armazenamento de informações: enquanto os códigos de barras lineares armazenam em torno de trinta bytes, os códigos de barras 2D são capazes de codificar entre 1 a 2Kb (GOODLOE et al., 2002).

2.2.1 Códigos de Barras Bidimensionais

Os códigos de barras 2D foram desenvolvidos e adotados devido a sua capacidade de armazenar maior quantidade de dados, tal capacidade permite a criação de sistemas mais complexos, tais como a construção de ambientes ubíquos através do seu emprego para agregar informações digitais a objetos físicos. Diferente dos códigos de barras lineares,

alguns códigos de barras 2D disponibilizam decodificadores para serem instalados em telefones celulares, de modo que a informação codificada possa ser acessada através de tal dispositivo. A possibilidade de acessar a informação independente do dispositivo que o usuário utiliza vem ao encontro da proposta de computação ubíqua.

Existem muitos tipos e padrões de códigos de barras 2D, entre os mais representativos e utilizados comercialmente são: Aztec code, que possui capacidade de armazenar 1.9KB; DataGlyph da Xerox, com capacidade de 1KB por polegada; Data Matrix (ISO/IEC16022, 2006), com capacidade máxima de aproximadamente 2KB por etiqueta (*tag*, o código de barras 2D) gerada; Datastrip, com capacidade máxima de 1KB por polegada (GOODLOE et al., 2002). Assim como os códigos de barras lineares, os códigos de barras 2D adotam técnicas de recuperação de dados, no caso de a *tag* gerada sofrer algum dano.

Dentre os diferentes tipos e aplicações existentes para os códigos de barras 2D, destacam-se os que permitem a utilização do telefone celular como decodificador para acessar as informações codificadas, sendo para isso necessária a instalação do decodificador adequado no dispositivo. Essa possibilidade tem a vantagem que o usuário pode acessar as informações referentes aos objetos físicos através de um dispositivo altamente disponível, seu telefone celular. É necessário que o telefone celular possua uma câmera que possibilite tirar a foto da *tag* para que o decodificador extraia a informação. Uma aplicação comum para os códigos de barras 2D é a utilização do mesmo para ligar informações web a um objeto físico. Tal funcionamento pode ser descrito da seguinte maneira: a URL (*Uniform Resource Locator*) da página web contendo informações referentes a um objeto é codificada gerando a *tag*; a *tag* gerada é colocada no objeto em questão. Com a utilização de scanner ou do telefone celular, é possível recuperar a URL codificada (LIU; DOERMANN; LI, 2006); em posse da URL, é possível acessar as informações existentes na web referentes ao objeto (JUN REKIMOTO, 2000).

Tal aplicação exige a utilização de um telefone celular com câmera, acesso a Internet e com o decodificador correto instalado. As informações referentes ao objeto físico devem ser mantidas em uma página web. O funcionamento desse sistema permite que as informações possam ser modificadas na página web sem necessidade de alterar o código de barra 2D existente anexado ao objeto.

2.2.2 Utilização dos Códigos de Barra Bidimensionais

Os códigos de barras 2D são amplamente utilizados no Japão e Corréia do Sul desde 2003. Utilizando esta tecnologia podem ser desenvolvidos sistemas com os mais diversos propósitos e funcionalidades, com o objetivo de fornecer maior praticidade ao usuário. O funcionamento citado anteriormente, de acesso a páginas Web para obter informações, é comumente usado em anúncios publicitários e em materiais impressos, como revistas, jornais e cartões de visita para fornecer mais informações ao usuário. Entretanto, os códigos de barras 2D podem ser utilizados na construção de sistema de venda de bilhetes, por exemplo, no qual o usuário utiliza o telefone celular para comprar ingressos ou passagens. A vantagem na adoção do código de barras 2D é a possibilidade de alterar as informações fornecidas, referentes ao objeto, na URL onde estão as informações armazenadas, facilitando dessa forma a manutenção dos dados atualizados. As informações podem ser alteradas enquanto o código se mantém.

A empresa Planalto Transportes Ltda de Santa Maria, RS, transportadora de pessoas e encomendas, também está investindo nessa nova tecnologia. Os códigos de barras 2D estão sendo adotados no serviço de entrega de encomendas de modo que seja possível obter as informações referentes ao destinatário dos pacotes independente de onde se encontra o entregador, possibilitando assim que as informações sejam acessadas sem necessidade de um leitor ótico convencional.

Com o objetivo de dificultar a falsificação e atender às normas da Organização de Aviação Civil Internacional (Icao, na sigla em inglês), o passaporte brasileiro passou a utilizar, entre outros itens, o código de barras bidimensional (SERPRO, 2007). Este sistema permite a utilização de uma base de dados nacional, na qual as informações referentes às pessoas podem ser acessadas com o passaporte. Atualmente, uma máquina leitora é utilizada para ler as informações do passaporte no momento de embarque, o computador, então, exibe informações sobre o passageiro.

O projeto SemaPedia (SEMAPEDIA, 2007) propõe a utilização dos códigos de barras 2D para a construção de ambientes ubíquos através da criação de *links* físicos que ligam informações digitais a objetos físicos. O funcionamento do Semapedia pode ser visualizado na Figura 2.2 e ocorre da seguinte forma: primeiramente, é escolhida uma página no site da Wikipédia (WIKIPEDIA, 2007a), uma enciclopédia livre, com o conteúdo que se deseja referenciar; após, é criada uma *tag* (código de barras 2D gerado pelo

codificador de informações) com o *link* da página escolhida e é colocada no local que se deseja referenciar. Assim mais informações sobre o local ou objeto ficam disponíveis para acesso. Para acessar as informações, o usuário deve utilizar um telefone celular com câmera, acesso à Internet e com o decodificador correto instalado; é tirada uma fotografia da *tag* utilizando o telefone celular, a *tag* é decodificada e o navegador do telefone celular acessa o *link* referente ao objeto.



Figura 2.2: Funcionamento do projeto Semapedia

As diferentes aplicações listadas anteriormente permitem classificar o emprego como sendo (i) simplesmente estático, no qual o conteúdo da URL é fornecido ao usuário apenas mostrando no navegador do telefone celular, como o caso do projeto Semapedia e da utilização da *tag* em anúncios e revistas; ou (ii) dinâmico, no qual algum processamento é realizado antes de mostrar o conteúdo, sendo este gerado dinamicamente; como, por exemplo, o sistema de venda de bilhetes e ingressos.

2.2.3 Análise dos Códigos de Barras Bidimensionais

Atualmente, existem vários tipos e padrões de códigos de barras 2D. Os principais que se destacam comercialmente são: Aztec code, DataGlyphs, Data Matrix, Datastrip e QRCode (GOODLOE et al., 2002).

Aztec Code: foi desenvolvido para ser facilmente impresso e decodificado. A representação utiliza quadrados, sendo que no centro da *tag* se localizam quadrados concêntricos, como ilustrado na Figura 2.3 (a). Este padrão é capaz de codificar de 12 até 3032 alfanuméricos e de 13 até 3832 dígitos, sendo que o menor tamanho de *tag* possível de ser criado é 15x15 quadros e o máximo são 151x151 quadros. Possui capacidade de recuperação de dados de 5% a 95% (WIKIPEDIA, 2007b).

DataGlyphs: DataGlyphs é um tipo de código de barras desenvolvido pela PARC, da Sun. Diferente dos outros códigos de barras 2D, foi desenvolvido para ter tamanho e forma mais flexíveis, podendo se adaptar à gravura, como ilustrado na Figura 2.3 (b). Com 600dpi, DataGlyphs pode armazenar mais de 1KB por polegada (PARC, 2007).

Data Matrix: É utilizado principalmente na Europa, possui capacidade de codificar pouco mais de 2KB de dados e pode armazenar 2335 caracteres alfanuméricos. Códigos de correção de erros são adicionados para possibilitar a leitura mesmo com parte da *tag* destruída. Possui como característica dois lados apenas com quadrados pretos e os outros dois com quadrados preto e branco alternados, como pode ser observado na Figura 2.3 (c). O tamanho da *tag* varia de 8x8 quadrados até 144x144 quadrados; se as dimensões da matriz aumentam, são acrescentadas mais 8 linhas e colunas à *tag* (ISO/IEC16022, 2006).

QR Code: Foi criado no Japão e é o código de barra bidimensional mais utilizados nesse país. Foi desenvolvido com o objetivo de ser rapidamente decodificado. Este padrão possui três quadrados, como ilustrado na Figura 2.3 (d). O QR Code tem a capacidade de armazenar até 7.089 números, 4.296 alfanuméricos, 2.953 *bytes* e 1.817 caracteres do alfabeto japonês. Sua capacidade de recuperação de dados vai de 7% à 30% (ISO/IEC18004, 2000).

Datastrip: Desenvolvido para armazenar informação de identificação pessoal para ser utilizada em cartões identificadores e documentos, de forma que forneça capacidade de armazenamento suficiente para trabalhar com grande quantidade de dados, incluindo fotografias e textos. Permite armazenar mais de 4425 bytes de informação em uma área de 5,7 centímetros quadrados e acrescenta de 25% a 50% caracteres de correção de erros. Seu aspecto pode ser observado na Figura 2.3 (e) (DATASTRIP, 2007).

Os códigos de barras 2D estão sendo implantados no Brasil e na América Latina pela Empresa Ever Mobile em parceria não revelada com uma operadora telefônica (EVER-MOBILE, 2007). A tecnologia será fornecida pela empresa ScanBuy, sendo que o software proprietário a ser utilizado permite a leitura dos principais códigos de barras utilizados no mundo, sendo eles: QRcode, principalmente utilizado no Japão; DataMatrix,

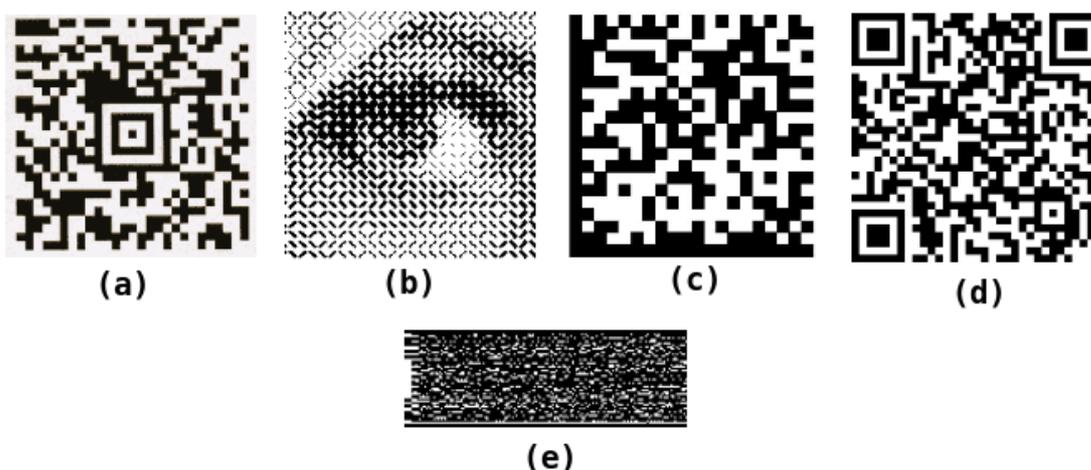


Figura 2.3: Tipos mais comuns de códigos de barras

(a) Aztec code ,(b) DataGlyphs ,(c) Data Matrix, (d) QR Code, (e) Datastrip

utilizado principalmente pela Europa; e EZcode, o código da própria empresa Scan-Buy (SCANBUY, 2007).

2.3 Interface WEB para Dispositivos Sem Fio

A utilização dos telefones celulares vem aumentando a cada dia, e a disponibilidade de novas tecnologias e recursos permite que o mesmo seja utilizado para os mais variados fins. Um recurso cuja utilização vem crescendo juntamente com o desenvolvimento desses dispositivos é o acesso a Internet através dos telefones celulares. Como pode ser observado na Tabela 2.1, o número de telefones móveis que acessa à Internet tem aumentado significativamente.

Tabela 2.1: Utilização de Telefones Móveis com Internet Habilitada, 2001-2004

	Junho 2001	Janeiro 2002	Junho 2002	Abril 2003	Abril 2004
Japão	51%	67%	72%	82%	79%
Outros asiáticos	-	29%	39%	40%	54%
Europa	19%	33%	45%	41%	47%
América do Norte	14%	23%	25%	32%	37%
Brasil	-	-	36%	38%	37%
Mundo inteiro	24%	33%	41%	43%	49%

Fonte: A.T. Kearny/University of Cambridge - Judge Institute of Management, disponível em <http://www.emarketer.com/Article.aspx?id=1002990> (Adaptado).

Apesar do acesso à Internet através de telefones celulares estar aumentando, a construção de sites para serem acessados por estes dispositivos ainda necessitam de cuidados especiais durante o desenvolvimento. A preocupação com a usabilidade é um ponto crítico no desenvolvimento, principalmente devido à forma e ao tamanho reduzido dos dispositivos, que dificultam a utilização e navegação no site (QIU; ZHANG; HUANG, 2004).

A W3C (*World Wide Web Consortium*) é um consórcio internacional onde membros de organizações, uma equipe permanente e o público trabalham juntos para desenvolver padrões Web. Sua missão é levar a Web ao seu potencial máximo, desenvolvendo protocolos e manual de recomendações que garantem sua evolução e asseguram a sua interoperabilidade. Tendo em vista o problema de acessibilidade web para dispositivos móveis, a W3C desenvolveu um guia de boas práticas para o desenvolvimento de sistemas Web para telefones celulares com recomendações para os desenvolvedores (W3C, 2006).

A maior parte dos protocolos e aplicações para Web são desenvolvidos utilizando os conceitos tradicionais de ambientes computacionais nos quais as aplicações executam em servidores e são acessadas em redes com fio. Entretanto, a demanda por serviços de computação móvel e ubíqua tornam necessário o desenvolvimento de novas ferramentas para serem utilizadas em dispositivos portáteis e novas abordagens para este novo paradigma (HENRICKSEN; INDULSKA, 2001). Algumas das considerações a serem observadas pelos desenvolvedores de sites a serem acessados por dispositivos móveis encontram-se listadas abaixo (PASSANI, 2007):

Tamanho da tela reduzido: o tamanho da tela dos telefones celulares dificulta ou impossibilita a visualização de textos e gráficos que, geralmente, são projetados para desktop;

Várias janelas: o limitante de apenas uma janela de cada vez poder ser visualizada e de as páginas poderem ser visualizadas somente na sequência em que foram acessadas dificulta a navegação e o acesso às informações do site;

Navegação: a utilização das setas *para cima* e *para baixo* restringe as formas de navegação e torna a tarefa de visualização das informações mais lenta;

Tipos de páginas acessíveis: a utilização de conexão segura, Flash, PDFs e/ou visualização de vídeos em sites torna a página inacessível para muitos dispositivos móveis;

Rapidez: o limitante da velocidade de conexão e acesso às páginas, que pode chegar a ser tão lento quanto a conexão discada, é um fator crítico;

Páginas quebradas: alguns sites abrem seções acessadas da página em outras janelas, tornando a navegação entre as páginas lenta, pois mais de uma página não pode ser visualizada ao mesmo tempo;

Páginas compactadas: a criação de uma versão para dispositivos móveis para tornar o site mais acessível, geralmente, apresenta conteúdos e formas reduzidos, podendo faltar informações relevantes;

Tamanho das mensagens: em muitos dispositivos móveis existe uma limitação no número de caracteres que podem ser inseridos em um campo de formulário, como uma mensagem de e-mail, por exemplo.

Além de observar as recomendações para a construção de sites, existem também muitas linguagens de marcação desenvolvidas para a construção das páginas HTML a serem acessadas por telefones celulares. A Figura 2.4 permite visualizar a evolução das linguagens Web para dispositivos móveis. Dentre elas, destacam-se as linguagens de marcação listadas a seguir.

HTML: O HTML (*HyperText Markup Language*) é uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na Web. Documentos HTML podem ser interpretados por navegadores.

D-HTML: O DHTML (*Dynamic HTML*) é a união das tecnologias HTML, Javascript e uma linguagem de apresentação, como folhas de estilo CSS aliada a um Modelo de Objeto de Documentos, para permitir que uma página Web seja modificada dinamicamente na própria máquina cliente, sem necessidade de novos acessos ao servidor web.

XML: O XML (*EXtensible Markup Language*) é uma linguagem de marcação que busca facilitar o compartilhamento de informações através da Internet.

WML: O WML (*Wireless Markup Language*) é um formato baseado no XML que contém o formato para dispositivos que implementam a especificação WAP (Wireless

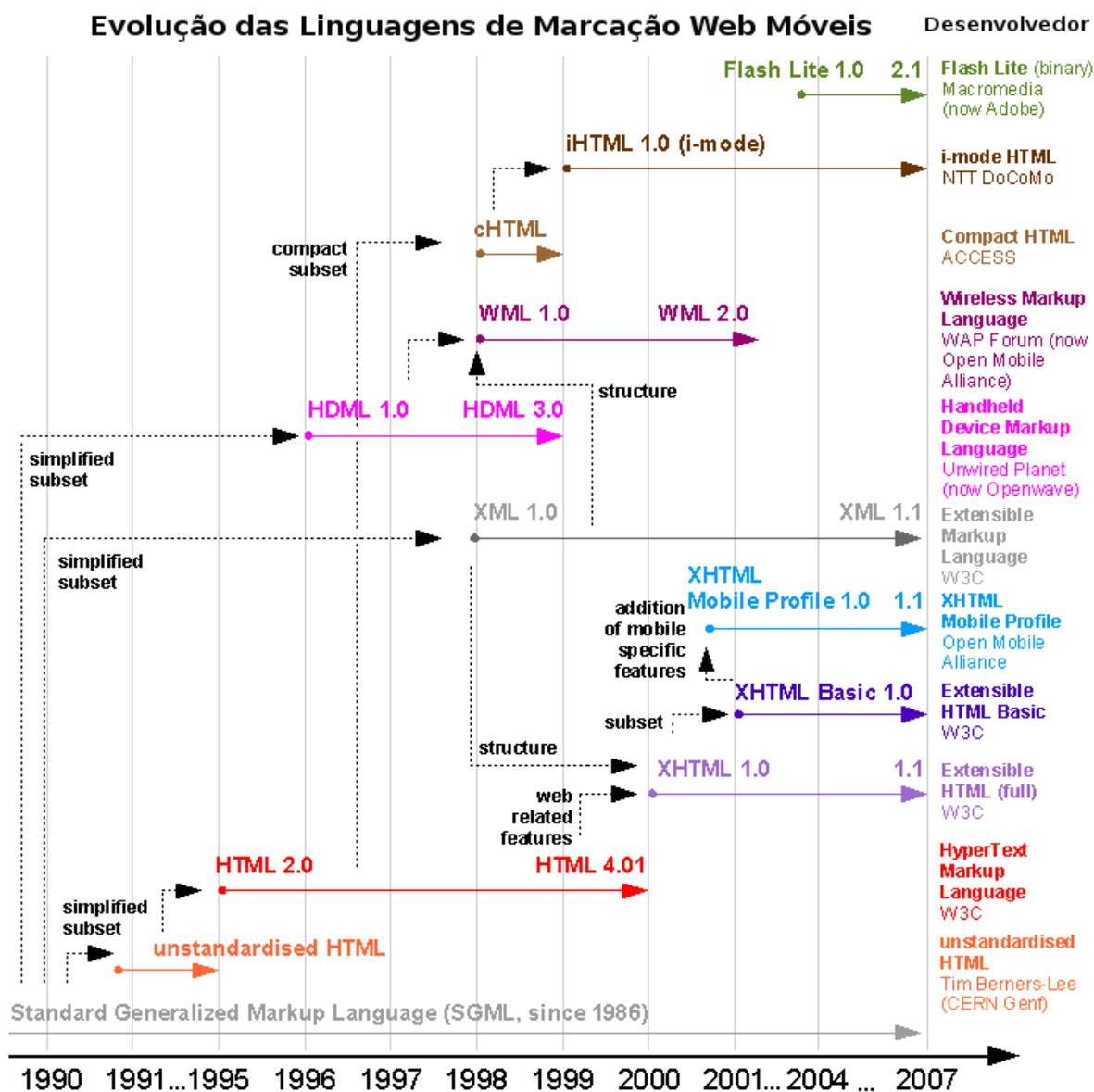


Figura 2.4: Evolução das linguagens Web para dispositivos móveis

Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_Web>, acessado em 29 de novembro de 2007 (Adaptado)

Application Protocol). Assim como HTML provê suporte à navegação, entrada de dados, *links*, texto, apresentação de imagens e formulários.

C-HTML: C-HTML (*Compact HTML*) é um subconjunto do HTML que possui diversas melhorias não encontradas no HTML. O C-HTML é uma alternativa para o WML e XHTML Basic. É considerado superior ao WML pois é compatível com o HTML.

X-HTML: O XHTML (*eXtensible Hypertext Markup Language*) é uma reformulação da

linguagem de marcação HTML baseada em XML que tem como objetivo possibilitar a exibição de páginas Web em diversos dispositivos para melhorar a acessibilidade. O XHTML possui o mesmo poder de expressão que o HTML, mas em conformidade com o XML. O XHTML consegue ser interpretado por qualquer dispositivo, independentemente da plataforma utilizada, pois as marcações possuem sentido semântico para as máquinas. Existem outros padrões relacionados com o XHTML que são XHTML Basic (W3C, 2007) e XHTML Mobile Profile (OMA, 2007):

XHTML Basic: É uma versão reduzida do XHTML para dispositivos que não suportam o XHTML. É uma linguagem de marcação baseada na estrutura XML primariamente usada para dispositivos móveis. O XHTML Basic deve substituir o WML e o C-HTML, pois permite que as páginas Web escritas em XHTML Basic sejam visualizadas tanto no navegador para dispositivos móveis quanto em navegadores normais sem a necessidade de duas versões para o mesmo site.

XHTML MP: O XHTML MP (*XHTML Mobile Profile*), baseado no XHTML Basic, procura desenvolver uma linguagem para telefones móveis e outros dispositivos de recursos limitados através da inclusão de elementos específicos para tais dispositivos ao XHTML Basic. O XHTML Profile está sendo desenvolvido pela OMA (*Open Mobile Alliance*).

2.4 Certificação com Terceiro de Confiança

Na utilização do método de criptografia assimétrica com a utilização de chaves públicas (distribuída livremente) e privadas (conhecida apenas pelo dono), o gerenciamento de chaves apresenta dois requisitos: deve ser possível localizar a chave pública de qualquer pessoa com quem se deseja comunicar e deve-se ter garantia de quem realmente é o dono da chave pública em questão. Caso esses dois requisitos não sejam cumpridos, um intruso pode fingir ser outra pessoa durante uma troca de mensagem entre dois interlocutores. Devido à facilidade em gerar chaves públicas e privadas, é possível que, quando um dos interlocutores da conversa solicitar a identificação do outro, a mensagem de resposta seja interceptada e que o intruso envie sua chave pública no lugar da chave do interlocutor desejado; assim o emissor da mensagem solicitando a identificação passa a conversar com

o intruso crendo estar se comunicando com o verdadeiro interlocutor.

Uma solução para este tipo de trapaça é a utilização de certificados de chave pública, que são chaves públicas assinadas por uma pessoa de confiança não envolvida, denominada terceiro confiável (ou *Trusted Third Party*) (TANENBAUM; STEEN, 2002). Os terceiros de confiança servem para evitar tentativas de substituição de uma chave pública por outra. O certificado, além da chave pública, contém informações pessoais sobre seu titular e é assinado digitalmente por uma terceira parte confiável (também chamada de autoridade certificadora) que associa o nome (e atributos) de uma pessoa ou instituição a uma chave criptográfica pública.

De forma semelhante, a autenticação de objetos físicos, e mais especificamente a autenticação de certificados através de uma informação digital não pode contar apenas com dois participantes, no caso o dono do certificado e a pessoa para qual o certificado é apresentado. É necessário que as informações do certificado permaneçam em um local confiável, ao qual os participantes e outras pessoas não tenham acesso para adulterar ou criar certificados falsos. O terceiro de confiança necessário para este trabalho é o servidor de dados referentes aos certificados emitidos, ao qual pessoas comuns não têm acesso, tornando dessa forma as informações confiáveis.

3 MODELAGEM E PROJETO DO APLICATIVO

Esta seção descreve o aplicativo desenvolvido com o estudo de caso de códigos de barras bidimensionais, as questões de projeto que envolvem sistemas que utilizam códigos de barras 2D para telefones celulares e o projeto do sistema a ser desenvolvido.

3.1 Objetivo do Sistema

O aplicativo tem como objetivo disponibilizar um mecanismo de conferência da autenticidade de objetos físicos inseridos em um ambiente ubíquo. Para a construção deste ambiente, serão utilizados os códigos de barras 2D, agregando informações digitais ao ambiente real. As informações agregadas aos objetos físicos com a utilização das tags têm como objetivo possibilitar a verificação da autenticidade das informações nos objetos. A verificação da autenticidade será realizada através da comparação entre os dados fornecidos no ambiente físico com os dados retornados do acesso aos dados digitais. Tal comparação tornará possível a verificação da autenticidade, pois os dados que permanecem no servidor, ou seja, em um terceiro de confiança, são menos propensos a adulterações que os objetos físicos, que podem ser facilmente fraudados.

3.2 Questões de Projetos

O projeto do sistema a ser desenvolvido, que envolve códigos de barras 2D e utiliza o telefone celular, requer alguns cuidados envolvendo questões de projeto, como as discutidas a seguir.

1. **URL única.** Em um sistema que utiliza os códigos de barras 2D é necessário que exista uma URL única para cada objeto físico diferente, pois, caso as informações sejam distintas e a URL seja a mesma, a informação mostrada estará errada em um dos casos pelo menos. Para o aplicativo desenvolvido que utiliza os códigos

de barras 2D e as páginas Web para conferência de autenticidade, este cuidado é essencial, pois se existirem dois objetos autênticos com a mesma TAG, então, na verificação um dos objetos será considerado fraudado, uma vez que apresentará as informações da URL do outro objeto físico.

2. **Informações estáticas ou dinâmicas.** As informações referentes aos objetos físicos devem ficar armazenadas e disponíveis no servidor enquanto o objeto físico esteja em circulação. As informações podem ficar em páginas estáticas para serem visualizadas pelo navegador ou podem se encontrar em uma base de dados, sendo necessária a realização de uma consulta para obter os dados referentes ao objeto. Caso a primeira abordagem seja adotada, para cada objeto com informações diferentes deve existir uma página única correspondente ao mesmo. Caso a segunda abordagem seja adotada, pode ser criada apenas uma página que processe a requisição mandada ao servidor, obtenha os dados na base de dados e construa dinamicamente a página com as informações. As desvantagens da primeira abordagem são a dificuldade na manutenção dos dados atualizados e a necessidade de criar uma nova página a cada novo objeto físico existente. Por outro lado, a desvantagem na utilização de uma base de dados para armazenamento é a maior complexidade da página que processa a requisição antes de devolver os resultados.
3. **Privacidade.** Em sistemas que fornecem informações ao público, deve-se tomar o cuidado com a disponibilização de dados pessoais. Como solução a esse problema, pode ser adotada a restrição de autenticação para acesso às informações; assim, o acesso fica restrito apenas a pessoas autorizadas e de confiança, evitando que os dados fornecidos sejam utilizados de maneira dolosa.
4. **Limites físicos.** Sistemas para executarem ou serem acessados através de telefones celulares devem ter as questões referentes ao tamanho e à capacidade do dispositivo levadas em consideração na hora do desenvolvimento. Duas questões importantes são a tela de tamanho reduzido que o dispositivo apresenta e o sistema limitado e não ergonômico de navegação do mesmo. Devido a isso, a quantidade de informações mostradas ao usuário deve ser pequena, pois a leitura de muitas informações não é desejável. A forma de interação com o sistema também deve ser simplificada, tendo em vista o trabalho necessário para manusear o teclado do telefone celular.

5. **Linguagem de marcação Web.** As páginas que fornecem as informações referentes aos objetos devem ser desenvolvidas utilizando uma linguagem que seja interpretada pela maioria dos telefones celulares disponíveis. Outra questão relevante é a utilização de uma linguagem na qual estão sendo investidos esforços para melhorias e que, provavelmente, não sairá de circulação em um curto espaço de tempo.
6. **Código de barras bidimensional.** Em sistemas que utilizam códigos de barras 2D é importante adotar um padrão bastante utilizado, para que o usuário não tenha que instalar um decodificador a mais em seu telefone celular. Outra questão é referente à adoção de um padrão que seja utilizado no local onde o sistema será implantado, para que os telefones celulares já venham com o decodificador instalado.
7. **Alternativa de verificação.** Uma última observação é a disponibilização de outra forma de verificação além do sistema que se utiliza de telefones celulares. Isso se deve ao fato que nem todos os usuários possuem telefones com câmeras e acesso à Internet; caso outra forma de conferência não seja disponibilizada, o usuário não terá como realizar a validação. Uma possibilidade é fazer o mesmo sistema Web disponível para os usuários através do telefone celular também ficar disponível para o acesso através dos navegadores para desktop.

3.3 Escolha de Estudo de Caso para Desenvolvimento do Protótipo

Para a construção do aplicativo foi escolhido um estudo de caso onde a verificação da autenticidade de objetos físicos se faz necessária. O estudo de caso observado para a construção do aplicativo foi a verificação de certificados digitais gerados pelo PET-Ciência da Computação (PET-CC).

O PET-Ciência da Computação realiza periodicamente palestras e eventos dos quais necessita emitir certificados. Com o passar do tempo, houve a necessidade de substituir os certificados impressos por certificados digitais, os quais possibilitam que o próprio aluno os gere através da Internet e imprima-os, diminuindo a burocracia dos processos de impressão e de aquisição dos documentos.

Entretanto, os certificados gerados de forma on-line podem ser mais facilmente fraudados do que os impressos, criando um problema para o emissor do certificado, que deve disponibilizar uma forma de provar que tais certificados são válidos. As instituições costumam

mam guardar registros relativo às participações em eventos em um caderno, no qual cada registro possui uma informação que também é colocada no certificado, para que pesquisas possam ser facilmente realizadas. Tal caderno é mantido como forma interna de controle que pode ser utilizado sempre que existir necessidade da comprovação de autenticidade de algum certificado emitido pela instituição.

Uma alternativa para a utilização do caderno é armazenar as informações em um banco de dados ou arquivos digitais e permitir que pessoas e instituições pesquisem e comprovem a validade dos certificados através de um sistema computacional, de preferência um sistema on-line, para que possa ser facilmente acessado independente do local onde a verificação seja necessária.

O grupo PET-CC possui atualmente um sistema gerenciador de certificados (BEVI-LACQUA et al., 2006) on-line que, entre outras funcionalidades, possibilita a conferência da validade dos documentos emitidos pelo grupo através de consultas. O aplicativo a ser desenvolvido deve fazer uso da base de dados do sistema existente para implantar o sistema de validação de objetos físicos que utiliza o telefone celular como ferramenta de conferência.

3.4 Funcionalidades do Aplicativo

Para o funcionamento do sistema, é necessária a construção do ambiente que agrega as informações aos objetos físicos dos quais se deseja disponibilizar informações para verificação de autenticidade. Este passo pode ser resumido da seguinte forma: as informações necessárias para a verificação de autenticidade são disponibilizadas em uma página Web acessível através da Internet; após, a URL de acesso a esta página é codificada utilizando o gerador de *tags* correto, gerando assim a *tag* com a URL codificada, que é colocada no objeto físico do qual se deseja disponibilizar mais informações. Utilizando tais especificações para o estudo de caso em questão, cada certificado gerado deve possuir uma *tag* que está relacionada a uma página Web com informações que aparecem impressas no certificado.

Após os objetos estarem com as *tags*, o usuário que deseja verificar as informações dos objetos físicos pode fazê-lo através da utilização do telefone celular, como mostrado no diagrama de seqüências da Figura 3.1. Primeiramente, é necessário que o telefone celular tenha o decodificador adequado instalado, para que a *tag* possa ser decodificada.

Para a verificação dos dados, o usuário tira uma fotografia da *tag* com as informações do objeto utilizando a câmera digital do telefone celular. O decodificador irá decodificar a *tag* obtendo a URL que acessa as informações do objeto. Após o usuário confirmar que deseja acessar a URL, o navegador do telefone celular irá acessá-la; então, o aplicativo desenvolvido irá acessar os dados e mostrar as informações da página Web, possibilitando a visualização dos dados.

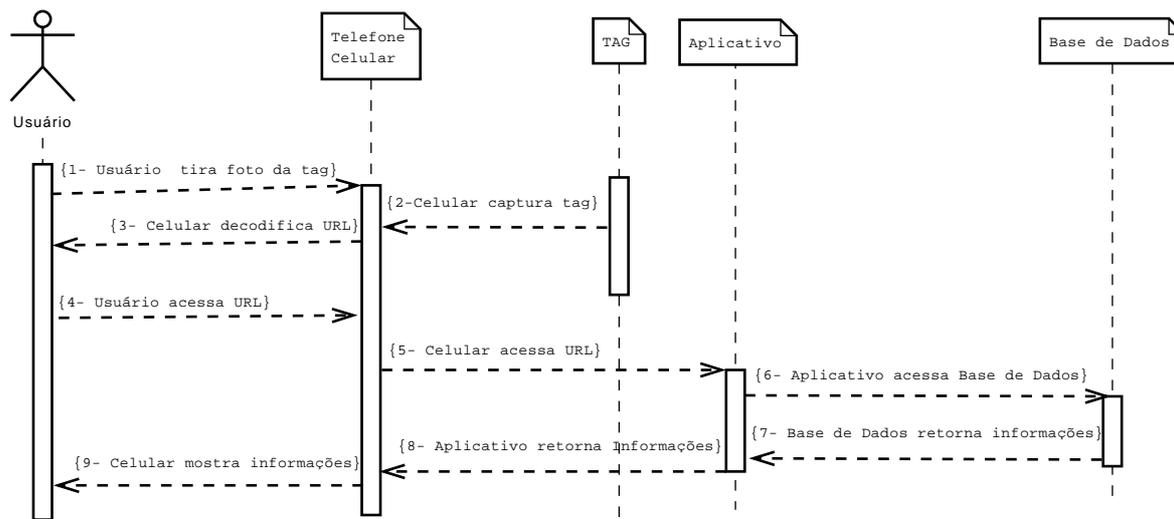


Figura 3.1: Diagrama de seqüências: usuário acessa informações

Aplicando o caso de uso ao estudo de caso adotado, quando um certificado for apresentado para avaliação, o avaliador poderá verificar a autenticidade do certificado através de um computador com acesso à Web ou através do aplicativo proposto que utiliza o telefone celular. O avaliador utilizará o sistema da mesma forma descrita na Figura 3.1. Assim, ao acessar a página referente ao certificado através do telefone celular, a pessoa que deseja verificar a autenticidade do certificado pode comparar as informações contidas na página Web com as informações impressas no certificado. Se todas as informações forem iguais, significa que o certificado não foi adulterado, pois o servidor de dados (no caso a página Web) teoricamente não pode ser acessado por pessoas sem permissão. A utilização do servidor de dados como terceiro de confiança é necessária para garantir que os dados não sejam fraudados.

3.5 Alterações no Sistema de Certificados do PET-CC

A construção do aplicativo requer a adaptação do sistema de certificados do PET-CC de forma que cada novo certificado a ser impresso tenha também um código de barras

para a realização de conferência da autenticidade através do telefone celular.

Devido à existência de um sistema gerenciador de certificados, o aplicativo a ser desenvolvido utilizará a base de dados existente para a disponibilização das informações. Essa abordagem torna obrigatório que as páginas sejam criadas dinamicamente através da utilização de um sistema de consulta à base de dados. A base de dados atual do sistema dos certificados pode ser observada na Figura 3.2. A vantagem dessa abordagem é a facilidade na manutenção dos dados atualizados, pois para esta tarefa já existe uma interface com a base de dados.

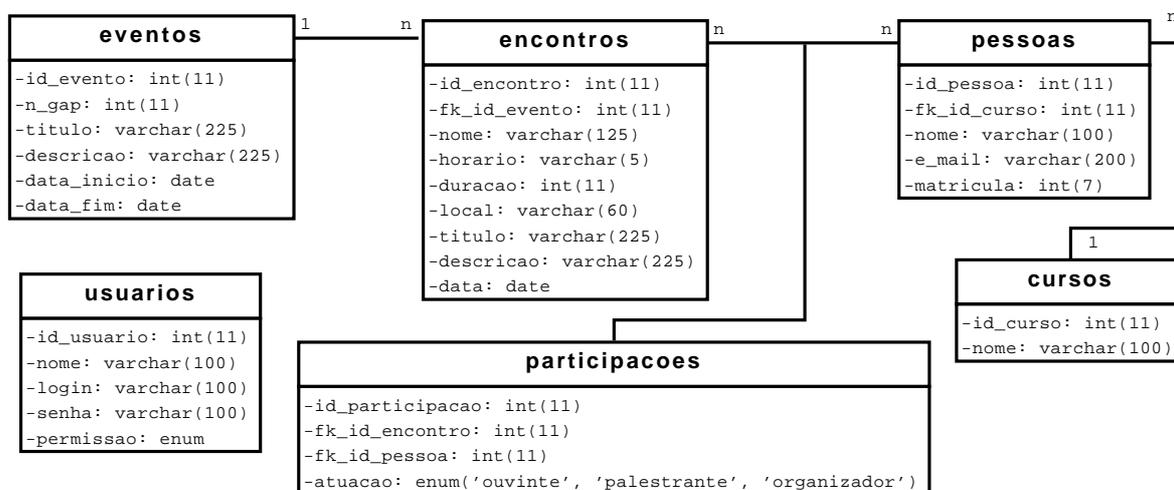


Figura 3.2: Modelagem da base de dados do sistema dos certificados

O sistema de gerenciamento de certificados utilizado pelo PET-CC permite a conferência de validade, possibilitando ao usuário uma forma alternativa ao telefone celular para a verificação da autenticidade. Caso tal sistema não existisse, seria recomendável a construção do mesmo, pois é necessário não restringir o acesso às informações.

Outra solução que poderia ser adotada é a construção de um script que retirasse as informações contidas na base de dados do sistema para gerar páginas *Web* estáticas. Utilizando essa abordagem, para cada certificado seria gerada uma página diferente contendo as informações necessárias para a conferência de cada certificado. A vantagem dessa abordagem é que o acesso às páginas estáticas é mais rápido, entretanto, como desvantagem, é gerada uma grande quantidade de arquivos e informações a serem mantidos e atualizados.

3.6 Ferramentas Utilizadas

O módulo do aplicativo que processa a requisição enviada pelo navegador, consulta a base de dados e retorna os dados referentes aos certificados para o usuário foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação para Web PHP, pois já se encontra instalada no servidor do grupo PET-CC, não sendo necessária a instalação de outras ferramentas. A versão do PHP utilizada no desenvolvimento do sistema gerenciador de certificados existente e do aplicativo desenvolvido é o PHP5 (CONVERSE; PARK, 2003). O sistema gerenciador de certificados existente utiliza o sistema gerenciador de base de dados MySQL (SUEHRING, 2002), portanto o aplicativo também a utiliza, pois realiza consultas na base de dados existente para retornar as informações necessárias à verificação de autenticidade.

Para a apresentação das informações referentes ao certificado para o usuário foi escolhida a linguagem de marcação XHTML-Basic, pois é a linguagem de marcação recomendado pela W3C (W3C, 2006). Os dados mostrados no sistema são os mesmos atualmente impressos no certificado, permitindo assim que seja feita a comparação das informações averiguando se alguma delas foi adulterada. Teoricamente, se todas as informações contidas no certificado referente à participação e ao evento forem as mesmas que o sistema retorna, então pode-se concluir que o certificado não foi alterado. A utilização das informações contidas no certificado também garante que informações pessoais presentes na base de dados não serão visualizadas por qualquer pessoa, pois não se costuma colocá-las em certificados.

O código de barras selecionado para ser utilizado nos certificados para a realização da ligação entre o objeto físico e as informações digitais foi o Semacode (ou Data Matrix) (SEMACODE, 2007). Os critérios utilizados para a adoção dessa ferramenta e as características da mesma encontram-se descritas na subseção a seguir.

3.6.1 SemaCode

O Semacode é um leitor do padrão do símbolo Data Matrix (ISO/IEC16022, 2006) o qual codifica URLs. Pode ser utilizado o software Semacode SDK disponível no *site Semacode.org* para converter uma URL em um código de barras semelhante a palavras cruzadas, chamado de *tag*. Tais *tags* podem ser capturadas com a câmera de um telefone celular e decodificado para obter o endereço do *site* web, que pode ser acessado pelo

navegador web disponível no telefone celular.

O decodificador a ser instalado no aparelho celular para acessar as URLs presentes nas *tags* pode ser gratuitamente adquirido no *site* através do telefone celular ou por um desktop. O código utilizado no decodificador é código aberto, podendo ser adquirido do *site* e modificado, criando assim novos sistemas que utilizam tal código de barra. Para sistemas comerciais é necessário comprar o direito de utilizar o código do Semacode.

No período de desenvolvimento do aplicativo encontravam-se disponíveis para *download* no *site* do Semacode 4 pacotes a serem utilizados para testes e desenvolvimento listados abaixo.

semacode_reader_me-1.6.zip - pacote utilizado para instalar o sistema no telefone celular. Além do sistema, possui também o código fonte do aplicativo para ser utilizado e alterado para a construção de sistemas sistemas que utilizem o Semacode.

semacode_tag-1.6.zip - pacote com API (*Application Program Interface*) que permite a construção de sistemas geradores de *tags*. Com a API disponibilizada é possível construir sistemas Java que utilizam as classes disponíveis, construir sistemas em outras linguagens que utilizam o sistema ou gerar as *tags* manualmente através de linha de comando.

semacode_reader_se-1.6.zip - pacote com API necessária para a decodificação de *tags*. A API disponibilizada permite a decodificação através de linha de comando, a criação de um script automatizado para a realização da decodificação ou a construção de uma aplicação Java utilizando as classes disponibilizadas.

semacode_reader_lib-1.6.zip - pacote com a API necessária para a construção de sistemas para telefones celulares que utilizam o decodificador do Semacode. Este pacote permite o desenvolvimento de aplicativos para o telefone celular.

Além dos pacotes citados acima, estava disponível no *site* uma interface *web* que permitia a criação de *tags* a partir da URL fornecida pelo usuário. Esta interface ainda se encontra disponível no *site* após a remodelagem do mesmo; entretanto, apenas o pacote *semacode_reader_me-1.6.zip* encontra-se disponível para *download*, os outros pacotes foram retirados do *site*.

O Semacode funciona em um grande número de telefones celulares que suportam a

plataforma Java padrão. Uma exigência do *software* é o acesso à câmera, que geralmente se encontra disponível nos novos telefones celulares que vêm com MIDP 2.0.

Para a utilização do Semacode, após a instalação, é necessário localizar a aplicação no telefone celular e executá-la. Enquanto a mesma estiver executando, pode-se tirar uma foto da *tag* que se deseja decodificar; após decodificar a URL, o sistema espera a confirmação do usuário para acessar e mostrar a página web na tela do dispositivo.

Características de densidade e capacidade de codificação podem ser encontradas na subseção 2.2.3.

O Semacode foi selecionado por possuir código aberto, permitindo a construção de sistemas não comerciais utilizando os códigos e APIs disponibilizados pelo mesmo. Outro motivo para seleção é que, como visto na subseção 2.2.3, a *tag* gerada pelo Semacode é menor que as *tags* geradas por outros codificadores, garantindo maior densidade de dados.

3.7 Modelagem do Aplicativo

Primeiramente, foi definido um padrão de passagem de parâmetro para o aplicativo. Para que os dados referentes aos certificados fossem exibidos para o usuário era necessário que alguma informação referente ao certificado fosse passada para o sistema para a realização da pesquisa na base de dados. O campo presente nas tabelas da base de dados escolhido para a realização da busca foi o *id_participacao* da tabela *participacoes* da base de dados do sistema de certificados mostrado na Figura 3.2. Este campo foi escolhido pois qualquer dado referente a um certificado pode ser recuperado da base de dados apenas utilizando o identificador da tabela *participacoes*, que representa a participação de uma pessoa em um evento.

A adoção do campo identificador da tabela também possibilita a criação de *tags* diferentes para cada certificado com a utilização do método GET. O método GET de transferência de dados do protocolo HTTP foi utilizado para que o identificador único de cada certificado fosse informado ao aplicativo. Essa abordagem foi adotada primeiramente para que as informações dos certificados pudessem ser encontradas e também para que a URL identificadora de cada certificado fosse única. Para que cada URL fosse única, o identificador da participação do ouvinte no evento existente na base de dados foi utilizado como argumento.

Um exemplo de URL do aplicativo pode ser visualizado na Figura 3.3. O padrão de

URL adotado para a geração das *tags* é composto por duas partes: um domínio e um parâmetro. O domínio é o endereço de onde o aplicativo para o dispositivo móvel se encontra instalado, no caso da figura é `http://pet.inf.ufsm.br/servicos/certificados/verificador/`. O parâmetro é a informação passada pelo método GET, no caso da figura é `idCertificado=1`, onde `idCertificado` é o nome do parâmetro e 1 é o valor atribuído ao mesmo.



Figura 3.3: Padrão de passagem de parâmetro adotado

A passagem de parâmetro por GET possibilita que o aplicativo execute em um servidor tendo uma URL única e possibilitando que as *tags* sejam diferentes devido ao parâmetro passado como argumento. Se alguma dessas condições não fosse satisfeita, outra modelagem da solução seria necessária.

Para a modelagem do aplicativo desenvolvido, foi analisada a base de dados do sistema gerenciador de certificados existente. A consulta SQL utilizada pelo sistema para imprimir os dados no certificado, visualizada na Figura 3.4 foi analisada observando-se os dados impressos nos certificados para adaptá-la ao aplicativo.

A interface do sistema gerenciador de certificados permite a busca com a passagem de diferentes parâmetros, sendo o SQL da Figura 3.4, que realiza a busca pelo evento, apenas uma das opções possíveis selecionada para análise. Na consulta, os dados são pesquisados em 4 tabelas diferentes (*encontros*, *eventos*, *participacoes* e *pessoas*), sendo que a cláusula *WHERE fk_id_evento=3* seleciona todas as participações de um evento. O resultado obtido é ordenado pela cláusula *ORDER BY*.

Entre todos os dados selecionados na consulta da Figura 3.4, nem todos são utilizados na impressão do certificado; alguns, como os identificadores das tabelas, por exemplo, eram utilizados apenas para possibilitar a seleção dos certificados desejados pelo usuário. Para a construção da nova consulta SQL para o sistema, foram retirados os campos que

```

SELECT
    fk_id_evento,
    id_encontro,
    id_pessoa,
    atuacao,
    pessoas.nome      as pessoa_nome,
    encontros.duracao as encontro_duracao,
    encontros.titulo  as encontro_titulo,
    encontros.data    as encontro_data,
    encontros.local   as encontro_local,
    encontros.nome    as encontro_nome,
    eventos.titulo    as evento_titulo,
    eventos.n_gap     as evento_n_gap

FROM
    encontros
JOIN eventos
    ON id_evento = fk_id_evento
JOIN participacoes
    ON fk_id_encontro = id_encontro
JOIN pessoas
    ON fk_id_pessoa = id_pessoa

WHERE
    fk_id_evento = 3
ORDER BY evento_titulo, encontro_titulo, pessoa_nome;

```

Figura 3.4: Código SQL de consulta para impressão de certificados

não eram utilizados para impressão, fazendo com que a consulta na tabela eventos não fosse mais necessária, como ilustrado na Figura 3.5.

```

SELECT
    pessoas.nome as pessoa_nome,
    atuacao,
    encontros.titulo as encontro_titulo,
    encontros.data as encontro_data,
    encontros.local as encontro_local,
    encontros.duracao as encontro_duracao

FROM
    encontros
JOIN participacoes
    ON fk_id_encontro = id_encontro
JOIN pessoas
    ON fk_id_pessoa = id_pessoa

WHERE
    id_participacao = 7;

```

Figura 3.5: Código SQL de consulta modificada para o aplicativo

Outra alteração é a seleção de um único certificado, alterando a cláusula *WHERE* *fk_id_evento = 3*, que selecionava uma lista de participações do evento com identificador 3, para a cláusula *WHERE id_participacao = 7*, que seleciona apenas uma participação

específica de uma pessoa em um evento. Outra alteração decorrente da seleção de somente um certificado é a eliminação da cláusula *ORDER BY*, visto que não existe necessidade de ordenar a consulta se é retornado apenas um dado.

Com a modelagem do aplicativo definida, foi possível iniciar seu desenvolvimento.

4 DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO

Esta seção descreve a fase de desenvolvimento do aplicativo, os testes realizados para verificação do funcionamento, a implantação no servidor do grupo PET e resultados obtidos.

4.1 Simulação do Funcionamento

O indicado como metodologia de desenvolvimento de aplicações móveis é realizar os testes em simuladores, e somente quando o aplicativo está correto este é testado em ambiente real; preferencialmente em vários tipos de dispositivos. Para a realização de testes, foi utilizado o simulador do *Java Wireless Toolkit* (SUN, 2008a) da SUN, um pacote para desenvolvimento de aplicações *wireless* baseadas em J2ME. Para o funcionamento deste pacote é necessária a instalação da plataforma Java.

Para testar o aplicativo foi utilizado o pacote *semacode_reader_me-1.6.zip*, citado na subseção 3.6.1, que possui uma pasta com o código fonte do Semacode. Entretanto, o software do Semacode não pôde ser utilizado, pois não era possível simular a câmera do telefone celular no computador. Então o código disponível foi analisado e, a partir do funcionamento do mesmo e com a documentação existente no pacote *semacode_reader_lib-1.6.zip*, foi construído um sistema semelhante ao Semacode para permitir a simulação da decodificação da *tag* e do acesso ao servidor web onde se encontra o aplicativo.

A maneira encontrada para realizar a simulação sem a possibilidade de utilizar a câmera do telefone celular foi alterando a forma de entrada do sistema: ao invés da *tag* ser capturada através de uma fotografia, informa-se ao sistema o nome da imagem que contém a *tag*. Dessa forma o sistema carrega a foto que se encontra no computador e a decodifica utilizando as classes disponíveis na API do Semacode.

Para a simulação da utilização do navegador do telefone celular, foi desenvolvido

um mecanismo que acessa uma página web utilizando a classe `HttpConnection` do pacote `javax.microedition.io.HttpConnection`, que permite conectar com uma página web.

A IDE (*Integrated Development Environment* - Ambiente Integrado de Desenvolvimento) utilizada para facilitar e agilizar o desenvolvimento do aplicativo foi o NetBeans (SUN, 2008b) juntamente com a ferramenta *NetBeans Mobility Pack* (SUN, 2008c), uma IDE para desenvolvimento móvel integrada ao *Java Wireless Toolkit*.

O funcionamento do sistema desenvolvido ocorre da seguinte forma: primeiramente o usuário informa o nome da imagem que deve ser decodificada e seleciona a opção de *ler* (decodificar) a imagem, como mostrado na figura 4.1(a); o sistema então mostra a imagem a ser decodificada e a URL resultante do processo, como na Figura 4.1(b). Após realizada a decodificação o usuário pode selecionar a opção de acessar a URL, que exhibe na tela os dados retornados do servidor web no qual se encontra o aplicativo, como ilustrado na Figura 4.1 (c).



Figura 4.1: Funcionamento do simulador do telefone celular

O desenvolvimento deste sistema para a simulação permitiu testar o funcionamento do aplicativo durante o processo de implementação. Outro benefício deste desenvolvimento foi obter maior contato com os recursos disponibilizados pela ferramenta Sema-

code, verificando o funcionamento da API disponível no *site*, que possibilita a construção de sistemas que decodificam *tags*.

4.2 Implementação do Aplicativo

O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação PHP5. Em virtude de o sistema decodificador ficar no telefone celular e de as *tags* serem criadas separadamente do sistema, qualquer linguagem de programação e sistema gerenciador de banco de dados podem ser adotados para a implementação no servidor. Existe somente a necessidade de a linguagem retornar o resultado do processamento da requisição para o navegador do telefone celular.

Para o desenvolvimento do aplicativo, a base de dados existente no grupo PET-CC foi copiada localmente no computador onde a implementação estava sendo realizada. Com o código SQL já alterado na fase de modelagem, foi necessário apenas realizar a integração da linguagem PHP com o sistema gerenciador de bases de dados MySQL. As funções nativas da linguagem PHP para interagir com a base de dados facilitaram o desenvolvimento da integração entre as ferramentas.

A linguagem de marcação adotada foi o XHTML-Basic. Tal linguagem não difere muito da linguagem de marcação HTML, comumente utilizada no desenvolvimento de páginas web. O código utilizado para a visualização dos dados pode ser visto na Figura 4.2.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML Basic 1.1//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml-basic/xhtml-basic11.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="pt-br">
  <head>
    <title>Verifica&ccedil;&atilde;o de Certificados</title>
  </head>
  <body>
    <p>Nome: $dados['pessoa_nome']</p>
    <p>Evento: $dados['encontro_titulo']</p>
    <p>Atuou como: $dados['atuacao']</p>
    <p>Data: $dados['encontro_data']</p>
    <p>Carga horaria: $dados['encontro_duracao']</p>
    <p>Local: $dados['encontro_local']</p>
  </body>
</html>
```

Figura 4.2: Código de exibição de dados utilizando o padrão XHTML-Basic

Para auxiliar a verificar se o código estava de acordo com o padrão estabelecido pela

W3C para o XHTML-Basic, foi utilizado o validador disponível no *site* da instituição (W3C, 2008).

Como o simulador apenas acessava os dados retornados pelo aplicativo, foi necessário testar a interface em um navegador desktop para garantir que os dados seriam interpretados pelo navegador corretamente. A Figura 4.3 mostra a tela do navegador ao acessar o aplicativo através de uma URL criada segundo padrão estabelecido na modelagem.

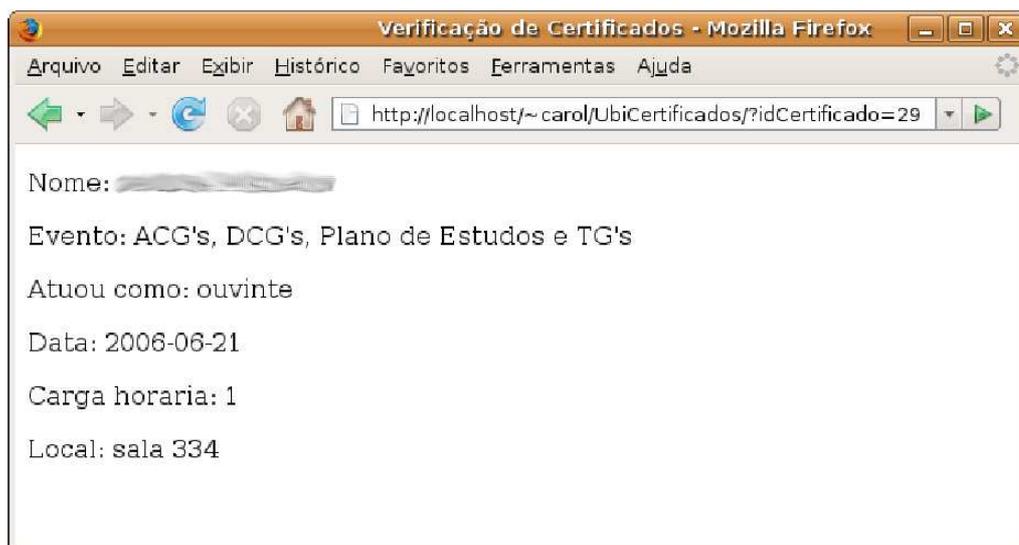


Figura 4.3: Exibição de resultados no navegador

O aplicativo desenvolvido funciona da seguinte forma: primeiramente o parâmetro passado por GET é testado para certificar que realmente foi informado algum valor e que o valor informado é um número maior que zero. Caso o parâmetro informado não seja válido, uma mensagem é exibida ao usuário informando que o certificado é inválido. Após realizada a verificação, o código SQL é gerado utilizando o parâmetro recebido; a consulta é, então, executada e o valor retornado é testado. Caso nenhum dado seja retornado, um aviso é exibido ao usuário informando que o certificado não existe no sistema. Caso a consulta SQL retorne dados, então, a tela de resultados é gerada com os valores obtidos da base de dados e é exibida para o usuário.

4.3 Realização de Testes

O aplicativo foi testado no simulador desenvolvido para a verificação do funcionamento, obtendo-se os resultados esperados. As mensagens de erro foram geradas quando o parâmetro foi informado errado e quando a consulta não retornou nenhum resultado da base de dados. Os dados foram exibidos sempre que o parâmetro informado estava

correto e tinha informações correspondentes na base de dados.

As *tags* utilizadas como entrada para o simulador foram criadas por linha de comando com o sistema disponível do pacote *semacode_tag-1.6.zip* citado na subseção 3.6.1. Para a geração das *tags* foi obedecido o padrão definido na modelagem para o funcionamento do sistema.

Para a verificação do funcionamento e realização de testes, o Semacode foi instalado em um telefone celular real da marca Siemens, modelo CX65, com câmera integrada e acesso móvel à *Internet WAP 2.0 (Wireless Application Protocol - Protocolo para aplicações sem fio)*. Foram geradas *tags* para verificar o funcionamento do sistema disponibilizado no *site*. Os testes realizados mostraram que o Semacode funcionou adequadamente em telefones celulares reais.

4.4 Implantação do Aplicativo

Após o desenvolvimento do aplicativo e da realização dos testes de funcionamento necessários utilizando o simulador e o navegador web, a implantação no servidor do grupo PET-CC foi realizada. O aplicativo foi colocado no mesmo diretório onde se encontra o sistema do certificado, ficando na pasta `verificador`.

Os testes realizados com o simulador apresentaram o resultado esperado. Na Figura 4.4(a) pode ser observado o processo inicial de decodificação da tag fornecida para o simulador e o resultado retornado do servidor do PET-CC para o usuário na Figura 4.4(b).

O sistema desenvolvido para a simulação do funcionamento do decodificador Semacode no telefone celular não possibilita a simulação do processamento dos dados em um navegador web. Sendo assim, foi possível apenas visualizar as informações codificadas para a visualização utilizando o padrão XHTML-Basic, como ilustrado na Figura 4.4 (b). Para facilitar a visualização dos dados retornados e para verificar como os mesmos foram apresentados, a URL decodificada pelo simulador foi acessada utilizando um navegador web, como mostrado na Figura 4.5, onde pode ser observado o resultado da realização da requisição do `idCertificado` de valor 87 para o aplicativo implantado.

Tal problema não é apresentado em situações reais, pois o Semacode, instalado nos telefones celulares, acessa a URL através de um navegador, mostrando as informações de maneira correta, diferente do comportamento apresentado pelo sistema desenvolvido para a realização dos testes.

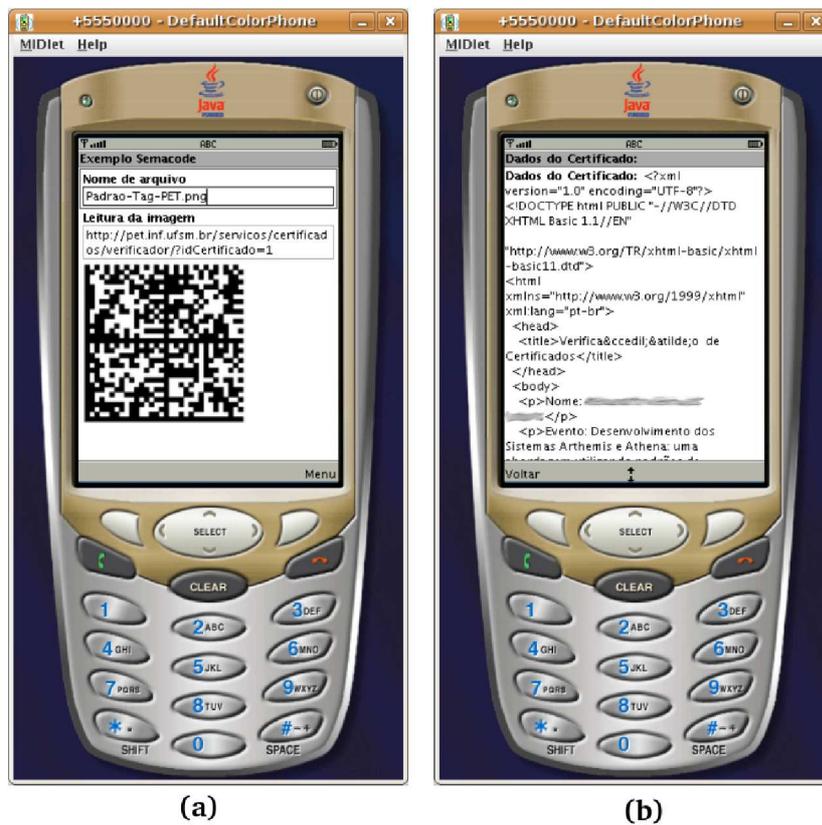


Figura 4.4: Acesso ao aplicativo pelo simulador



Figura 4.5: Acesso ao aplicativo pelo navegador web

5 CONCLUSÃO

A quantidade de informações presentes no dia-a-dia vem aumentando. Uma das propostas da computação ubíqua é a existência de tantas informações quanto objetos, mas que estejam escondidas (invisíveis) no ambiente e elas possam ser facilmente acessadas independente do dispositivo que o usuário estiver usando. Os códigos de barras permitem agregar informações aos objetos físicos, e os códigos de barras bidimensionais permitem que tais informações sejam acessadas não somente através de *scanners*, mas também pelo telefone celular.

Os códigos de barras bidimensionais são usados em diversas aplicações. A possibilidade de acessar uma página WEB de informações permite a construção de sistemas mais complexos que podem agilizar a realização de tarefas cotidianas. Tais sistemas vêm ao encontro da proposta de computação ubíqua, pois permitem o acesso de informações independente do dispositivo utilizado pelo usuário e do local em que se encontra. A aplicação para a tecnologia de códigos de barras bidimensionais apresentada foi a verificação de autenticidade de informações. O estudo de caso adotado foi a verificação de autenticidade de certificados emitidos de forma digital pelo grupo PET-CC.

Este trabalho apresenta a análise da tecnologia de códigos de barras bidimensionais e as questões de projeto a serem avaliadas anteriormente a construção de um sistema que utiliza tal tecnologia e desenvolvimento de sistemas que utilizam telefones celulares. São apresentadas também a análise e projeto do aplicativo desenvolvido para a verificação da autenticidade dos certificados. A ferramenta Semacode, código de barras bidimensional adotado, foi descrito e os recursos disponíveis para o desenvolvedor foram relatados, além da utilização dos mesmos.

Dentre as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo pode-se citar a linguagem de programação PHP5; o sistema gerenciador de bases de dados MySQL, para

acessar os dados da base de dados existente e a linguagem de marcação XHTML-Basic, utilizada para exibição dos dados ao usuário. Durante o processo de desenvolvimento do aplicativo destaca-se também o desenvolvimento do simulador do telefone celular, necessário para a viabilização dos testes e para a simulação da câmera e conexão com o aplicativo desenvolvido. Tal simulador foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Java e o pacote *Wireless Tool Kit* juntamente com a API disponível pelo Semacode para o desenvolvimento de sistemas capazes de decodificar *tags*.

Como trabalho futuro, o sistema gerador de certificados do grupo PET-CC pode ser adaptado para que os certificados gerados sejam impressos com as *tags* de conferência de autenticidade. A adaptação do sistema pode ser baseada no desenvolvimento do simulador para testes descrito neste trabalho e deve utilizar a API disponibilizada pelo Semacode. Outro trabalho relacionado, a ser desenvolvido, é o levantamento dos modelos de telefone celular existentes mais utilizados no Brasil ou em determinada região na qual o aplicativo deve ser instalado para a realização de testes da ferramenta Semacode em alguns desses modelos para garantir o funcionamento do aplicativo desenvolvido para a maioria dos usuários potenciais.

O trabalho foi concluído atingindo satisfatoriamente os objetivos propostos. A revisão bibliográfica e a análise da tecnologia empregada para no desenvolvimento podem servir como embasamento para trabalhos futuros. A conclusão da implementação do aplicativo demonstra que a tecnologia proposta pode ser utilizada para a construção de sistemas ubíquos.

REFERÊNCIAS

BEVILACQUA, F. et al. Gerenciador de Certificados Automatizado usando PHP 5 e MySQL. **XXI Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia**, Passo Fundo, RS, 2006.

BIMBER, O.; RASKAR, R. Modern approaches to augmented reality. In: 2006, Boston, Massachusetts. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006. p.189 – 196.

CONVERSE, T.; PARK, J. **Php - A Bíblia**. São Paulo: Campus / Elsevier, 2003.

DATASTRIP. **2D Superscript – Data Storage**. Disponível em: <http://www.datastrip-inc.com/english/products_detail.asp?id=268>. Acesso em: 26 novembro de 2007.

EVERMOBILE. **Código de barras no celular chega ao Brasil**. Disponível em: <<http://www.evermobile.com.br/noticias/noticia17.asp>>. Acesso em: 21 novembro de 2007.

GOODLOE, A.; MCDOUGALL, M.; GUNTER, C. A.; ALUR, R. Predictable programs in barcodes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPILERS, ARCHITECTURE, AND SYNTHESIS FOR EMBEDDED SYSTEMS TABLE OF CONTENTS, 2002, Grenoble, France. **Anais...** ACM USA, 2002. p.298 – 303.

HANSEN, F. A. Ubiquitous annotation systems: technologies and challenges. In: SEVENTEENTH CONFERENCE ON HYPERTEXT AND HYPERMEDIA, 2006, Odense, Denmark. **Anais...** ACM USA, 2006. p.121 – 132.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J. Adapting the Web Interface: an adaptive web browser. In: AUSTRALASIAN CONFERENCE ON USER INTERFACE, 2001, Queensland, Australia. **Anais...** IEEE Computer Society USA, 2001. p.21 – 28.

ISHII, H.; ULLMER, B. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. **SIGCHI conference on Human factors in computing systems**, [S.l.], v.1948, p.234 – 241, 1997.

ISO/IEC16022. **Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Data Matrix bar code symbology specification**. Disponível em: <http://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec16022em>. Acesso em: 20 de novembro de 2007.

ISO/IEC18004. **Information technology – Automatic identification and data capture techniques – Bar code symbology – QR Code**. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=30789>. Acesso em: 26 de novembro de 2007.

JUN REKIMOTO, Y. A. CyberCode: designing augmented reality environments with visual tags. In: **DESIGNING AUGMENTED REALITY ENVIRONMENTS**, 2000, Elsinore, Denmark. **Anais...** ACM USA, 2000. p.1 – 10.

LIU, X.; DOERMANN, D.; LI, H. Imaging as an alternative data channel for camera phones. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS MULTIMEDIA TABLE OF CONTENTS**, 2006, Stanford, California. **Anais...** ACM USA, 2006. n.5.

LOOSER, J.; BILLINGHURST, M.; COCKBURN, A. Through the looking glass: the use of lenses as an interface tool for augmented reality interfaces. In: **ACM USA**, 2004, Singapore. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004. p.204 – 211.

MEYER, S.; RAKOTONIRAINY, A. A survey of research on context-aware homes. In: **INFORMATION SECURITY WORKSHOP CONFERENCE ON ACSW FRONTIERS 2003 - VOLUME 21**, 2003, Adelaide, Australia. **Anais...** ACM USA, 2003.

OMA. **XHTML Mobile Profile**: candidate version 1.2 – 27 feb 2007. Disponível em: <http://www.openmobilealliance.org/release_program/docs/Browsing/V2_3-20070227-C/OMA-TS-XHTMLMP-V1_2-20070227-C.pdf>. Acesso em: 29 novembro de 2007.

PARC. **PARC DataGlyphs**. Disponível em: <<http://www.parc.com/research/projects/dataglyphs/>>. Acesso em: 26 novembro de 2007.

PARK, S. H.; WON, S. H.; LEE, J. B.; KIM, S. W. Smart home – digitally engineered domestic life. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.l.], v.7, p.189 – 196, 2003.

PASSANI, L. **Global Authoring Practices for the Mobile Web**. Disponível em: <<http://www.passani.it/gap/>>. Acesso em: 21 novembro de 2007.

QIU, M. K.; ZHANG, K.; HUANG, M. An Empirical Study of Web Interface Design on Small Display Devices. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB INTELLIGENCE, 2004. **Anais...** IEEE Computer Society USA, 2004. p.29 – 35.

RANDELL, C.; MULLER, H. L. The Well Mannered Wearable Computer. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.l.], v.6, p.31 – 36, 2002.

SCANBUY. **Coming Soon**: mobile phone hyperlinks for the real world. Disponível em: <<http://www.scanbuy.com/article.view.php?id=2&news=2&page=company>>. Acesso em: 24 novembro de 2007.

SEMACODE. **Semacode | URL barcodes | practical ubiquitous computing**. Disponível em: <<http://www.semacode.org/>>. Acesso em: 27 novembro de 2007.

SEMAPEDIA. **Semapedia.org**. Disponível em: <<http://www.semapedia.org/>>. Acesso em: 29 novembro de 2007.

SERPRO. **País terá passaporte mais seguro**. Disponível em: <http://www.serpro.gov.br/noticiasSERPRO/20050506_05>. Acesso em: 26 novembro de 2007.

SUEHRING, S. **Mysql -a Bíblia**. São Paulo: Campus, 2002.

SUN. **Sun Java Wireless Toolkit for CLCD**. Disponível em: <<http://java.sun.com/products/sjwtoolkit/>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2008.

SUN. **NetBeans**. Disponível em: <<http://www.netbeans.org/>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2008.

SUN. **J2ME MIDP Development for NetBeans**. Disponível em: <<http://www.netbeans.org/kb/articles/mobility.html>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2008.

TANENBAUM, A. S.; STEEN, M. V. **Distributed systems: principles and paradigms**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002.

W3C. **Mobile Web Best Practices 1.0**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/mobile-bp/>>. Acesso em: 21 novembro de 2007.

W3C. **XHTML Basic 1.1 W3C Candidate Recommendation 13 July 2007**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xhtml-basic/>>. Acesso em: 29 novembro de 2007.

W3C. **The W3C Markup Validation Service**. Disponível em: <<http://validator.w3.org/check>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2008.

WANT, R.; FISHKIN, K. P.; GUJAR, A.; HARRISON, B. L. Bridging physical and virtual worlds with tagged documents, objects and locations. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS: THE CHI IS THE LIMIT, 1999, Pittsburgh, Pennsylvania. **Anais...** ACM USA, 1999. p.370 – 377.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, [S.l.], p.94 – 104, 1991.

WIKIPEDIA. **Wikipedia**. Disponível em: <<http://www.wikipedia.org/>>. Acesso em: 26 novembro de 2007.

WIKIPEDIA. **Aztec Code - Wikipedia, the free encyclopedia**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aztec_Code>. Acesso em: 26 novembro de 2007.