

PATRIMÔNIO HISTÓRICO DIGITAL: DOCUMENTAÇÃO DO PELOURINHO, SALVADOR – BAHIA, BRAZIL, COM TECNOLOGIA 3D LASER SCANNING

Arivaldo Leão de Amorim
Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Arquitetura
LCAD – Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à
Arquitetura e ao Desenho
Rua Caetano Moura, 121 – Federação
40210-350, Salvador, Bahia, Brasil
alamorim@ufba.br

Daniel Chudak
Leica Geosystems HDS
4550 Norris Canyon Road
San Ramon, CA 94583, USA
dchudak@yahoo.com

Abstract

Digital Historic Heritage: documenting of Pelourinho, Salvador - Bahia, Brazil, with 3D laser scanning technology

This paper describes the Pelourinho Project realized past July in Salvador, during the 1st International Conference on 3D Laser Scanning for Heritage Documentation. The Pelourinho located at the historic center of Salvador, is an impressive wide set of buildings listed by UNESCO as World Heritage. The text contains a quickly overview about the 3D laser scanning technology, shows how data are captured and what they stored and what they means. The 3D laser scanning model, another kind of 3D geometric model is called point cloud and represents an excellent way to store data of some particular constructions. Because its irregular shapes it is very arduous to survey and represent these constructions by any other method. The point cloud model is an excellent way to represent with integrity and accuracy these particular complex shapes like the colonial baroque churches in Brazil.

1. Introdução

Até recentemente, as tecnologias disponíveis para documentação de edificações, conjuntos arquitetônicos e centros históricos de cidades eram o cadastramento através do registro em croqui com o emprego da medição direta, com ou sem apoio topográfico, para a determinação das grandezas angulares e lineares, ou através da restituição fotogramétrica de fotografias aéreas ou terrestres. Apesar desses processos serem precisos e confiáveis eles são por demais lentos e caros, quando a edificação ou sítio a serem documentados são complexos e há um grande número de edificações a serem levantadas, ou ainda, quando é necessário um detalhamento acurado. Ainda que a fotografia possa ser usada para a documentação, esta técnica, por si só, não produz dados que possam ser usados diretamente na realização de várias tarefas, como os projetos de restauração.

O surgimento da Fotogrametria Digital representou um passo significativo na agilização e simplificação desses

processos além de uma substancial redução de custos, embora a grande parte do pré-processamento dos dados através desta tecnologia seja interativo, utilizando intensivamente mão de obra especializada para a obtenção das plantas de restituição (Groetelaars 2004). Por ser uma tecnologia mais barata que a Fotogrametria convencional, as ferramentas digitais viabilizaram uma série de aplicações, bem como o seu uso por parte de engenheiros e arquitetos. Contudo, o seu uso em arquitetura é mais adequado quando as edificações a serem documentadas apresentam, predominantemente, superfícies planas. Os objetos curvos têm o seu volume enfatizado através do emprego de curvas de isovalor (curvas de nível) determinadas através da estereorestituição, técnica esta bem mais trabalhosa. Uma outra dificuldade é quanto ao levantamento de ambientes internos devido à limitação dos campos de visão para as tomadas fotográficas. Com o desenvolvimento da tecnologia 3D laser scanning ou HDS – High Definition Survey surge uma poderosa

e versátil tecnologia de levantamento, capaz de atuar nos nichos das tecnologias até então empregadas e, o mais importante, suprir as lacunas de aplicação deixadas por estas, apresentando-se como uma alternativa promissora para a documentação de edificações e centros históricos, seja pela velocidade com que é realizada a coleta de dados, seja pela precisão e minúcia dos detalhes registrados. Como na Fotogrametria, o 3D laser scanner deve ser posicionado adequadamente em relação ao objeto a ser levantado, sobre a superfície da terra ou próxima a ela, ou ainda ser aerotransportado. A modalidade de levantamento terrestre vem sendo realizado pelo DIAPREM¹ da Universidade de Ferrara, um dos centros de referência mundiais na aplicação desta tecnologia na arquitetura, e que tem realizado trabalhos como o levantamento das ruínas da cidade histórica de Pompeia (Balzani et al. 2004), dentre outros. Nos eventos e publicações da área também estão registradas experiências realizadas por outros grupos de pesquisa em importantes sítios arquitetônicos e arqueológicos em várias partes do mundo.

O Brasil é um dos maiores usuários mundiais desta tecnologia para fins industriais. Já na área de arquitetura, a sua aplicação mais sistemática está sendo desenvolvida pelo LCAD² da Faculdade de Arquitetura da UFBA. O Projeto Pelourinho foi iniciado em julho de 2004, quando da realização em Salvador – BA da 1st International Conference on 3D Laser Scanning for Heritage Documentation. Durante a conferência foi levantada a fachada principal e o interior da nave da igreja de São Francisco, bem como a parte do Terreiro de Jesus em frente à mesma. Este paper apresenta e discute os resultados preliminares desta experiência de documentação, a perspectiva de continuidade deste projeto e a sua extensão para outros importantes sítios históricos da Bahia.

2. O projeto

A Bahia, e mais especificamente a cidade de Salvador são conhecidas internacionalmente pela beleza e riqueza da sua herança histórica e cultural e, dentre estas, o

seu patrimônio arquitetônico. O casario colonial do Pelourinho, os paços, os palácios, as igrejas, os conventos, os mosteiros e as fortalezas da capital do estado, os engenhos de cana-de-açúcar e as cidades do Recôncavo Baiano, as cidades históricas do litoral como Porto Seguro, e ainda, as do sertão como Lençóis, Andaraí, Igatú, Mucugê e Rio de Contas, são alguns exemplos incontestes desta herança cultural. A importância de tal acervo, ainda que por demais significativo, não tem sido capaz por si só de garantir a sua preservação, tendo em vista a sua vastidão e em alguns casos o abandono a que estiveram submetidos por muitos anos, salvo raras exceções.

A FAUFBA tem tradição e pioneirismo no estudo da Arquitetura da Bahia e na Conservação e Restauração de sítios e monumentos históricos através de iniciativas como o CEAB³ e o CECRE⁴, que conta com o apoio da UNESCO. A reconhecida qualidade da sua pós-graduação em Conservação e Restauo, os trabalhos pioneiros de seus professores na documentação desse patrimônio, e ainda mais recentemente, o esforço desenvolvido pelo LCAD na apropriação das tecnologias digitais como: a Fotogrametria Digital, a Modelagem Geométrica Tridimensional, os Sistemas de Informações Geográficas, e a Hiperídia, dentre outras, para a documentação e difusão do patrimônio arquitetônico.

O reconhecimento dessas expertizes justificaram o desenvolvimento do projeto piloto 3D Virtual Pelourinho: a laser scanner approach, com o objetivo de criar as condições para a transferência de conhecimento e de tecnologias de ponta para países emergentes, no caso o Brasil (Chudak and Amorim 2004). Esta tecnologia deverá ser aplicada na resolução de problemas de levantamento, documentação, desenho, projeto, construção, restauração e preservação de monumentos, edificações e sítios históricos que exijam precisão e qualidade na sua engenharia. A área piloto escolhida foi o Pelourinho, no centro histórico de Salvador, onde existe um vasto casario com um conjunto impressionante de construções barrocas, e que constam da lista de sítios tombados da UNESCO⁵.

O projeto iniciado em julho de 2004 prosseguirá

gradativamente, com a absorção da tecnologia e o incremento da base de dados, de modelos geométricos 3D das edificações e do sítio, com participação de professores, técnicos e estudantes da FAUFBA, assim como o apoio de consultores parceiros do projeto. A idéia é fazer a documentação extensiva do sítio empregando esta tecnologia e, num segundo momento, aplicá-la em outros locais de interesse segundo uma programação de prioridades.

Durante a 1st International Conference foi produzido o arcabouço teórico-conceitual para esse tipo de atividade, focalizando não só os aspectos tecnológicos do 3D laser scanning para estas aplicações, mas também o reconhecimento e a discussão da importância desse tipo de levantamento, bem como a geração de idéias e de indicações de outros usos potenciais (Chudak and Amorim 2004).

3. A componente tecnológica

Sob o aspecto das tecnologias utilizadas, o enfoque é voltado para a pesquisa, a aplicação e a difusão de tecnologias digitais de ponta para o imageamento orientadas ao levantamento, ao processamento, ao armazenamento e à divulgação deste imenso acervo arquitetônico. Dentre as principais tecnologias para o levantamento e o processamento dos dados provenientes dos acervos arquitetônicos destacam-se a Fotogrametria Digital, a Modelagem Geométrica Tridimensional e o 3D Laser Scanning, que constitui a mais moderna, poderosa e versátil ferramenta para a aquisição e tratamento de dados no levantamento de edificações. Esta última tecnologia assume um papel ímpar na documentação de edificações complexas, como é o caso do interior das igrejas barrocas da Bahia, que pelas características da sua geometria somente podem ser representadas adequadamente por meio de modelos tridimensionais, físicos ou virtuais, em função da volumetria e da sobreposição dos seus abundantes elementos decorativos.

O 3D laser scanner é basicamente um canhão que ao disparar um feixe controlado de raios laser faz uma varredura do objeto a ser levantado. O aparelho emite os raios e capta os seus retornos, registrando o tempo

que cada um destes raios levou para atingir o objeto e retornar. Conhecida a velocidade de deslocamento do raio é possível calcular a distância do ponto de reflexão sobre o obstáculo. Calculada a distância de um ponto e conhecidos os ângulos horizontal e vertical do raio correspondente, através do sistema de coordenadas esféricas é possível a determinação da posição deste ponto no espaço neste sistema de coordenadas e em seguida a sua redução ao sistema de coordenadas retangulares ou cartesianas. Este processo iterativo é feito para todos os pontos delimitados pelo ângulo sólido da varredura. A precisão do aparelho é constante e independente da distância do objeto. A distância máxima e segura para a leitura, a taxa de emissão dos raios e os ângulos de varredura dependem das características do aparelho. Definida a cena a ser “escaneada” e fixados os parâmetros de operação, essa é processada automaticamente e independe das condições da iluminação do local.

Este conjunto de dados obtidos do levantamento, ou seja, as coordenadas X, Y e Z dos pontos, é denominado de “nuvens de pontos”. Depois de registradas as nuvens de pontos correspondentes às várias cenas (tomadas das varreduras) do objeto, isto é, uma vez posicionados todos os pontos em relação a um único sistema de coordenadas, eles constituem por si só um modelo geométrico tridimensional. Este modelo, por sua natureza (gênese), características e estrutura de dados, representa um novo tipo de modelo geométrico tridimensional, diferente dos tradicionais modelos de arestas, de superfícies e de sólidos, utilizados até então pelos modeladores geométricos encontrados nas ferramentas CAD e programas similares.

Este modelo, cuja estrutura de dados é vetorial, representa ou contém um conjunto (milhares ou milhões) de pontos amostrais obtidos a partir da varredura da superfície do objeto pelos feixes de raios laser. A quantidade de pontos do modelo ou a densidade da amostragem é função das características do scanner e do tamanho, da precisão requerida e da riqueza de detalhes do objeto de interesse. No que pese o conceito de “nuvem de pontos” induzir à falsa idéia de “um sistema de partículas” dispersas ou de pontos aleatoriamente dispostos, cada um destes

pontos que constituem o modelo possui basicamente quatro atributos: três contendo as suas coordenadas X, Y e Z, e um quarto indicativo da cor do ponto (falsa cor), determinada em função da refletância do material que constitui a superfície. Um quinto atributo representando a cor verdadeira do ponto é possível de ser obtido desde que seja tirada uma fotografia digital de alta resolução do objeto correspondendo ao mesmo ângulo sólido da varredura do scanner. Sobrepondo-se o grid da varredura sobre a foto é feita uma reamostragem sobre os pixels da imagem obtendo-se a cor desejada. Todo esse processo é feito automaticamente.

Através de software adequados as nuvens de pontos são visualizadas em tela ou podem ser impressas, manipuladas para a obtenção de distâncias e ângulos, ou ainda, processadas para a obtenção de modelos de superfícies (3D) ou de desenhos (2D). Estas operações são feitas interativamente com maior ou menor grau de automação.

4. O experimento

O experimento foi realizado durante o workshop realizado paralelamente à conference no período de 26 a 31 julho de 2004, no Centro Histórico de Salvador, com o objetivo de introduzir a aplicação de princípios básicos de documentação em áreas históricas, usando tecnologias de última geração, e o treinamento prático no uso do 3D laser scanner. Foram escolhidos dois ambientes para as práticas de campo: um local a céu aberto e o interior de uma edificação. O local escolhido foi o Terreiro de Jesus, no trecho conhecido como Cruzeiro de São Francisco que fica em frente à igreja de mesmo nome. Foram escaneadas as fachadas das edificações deste espaço urbano e o interior da nave principal da Igreja de São Francisco. O levantamento foi realizado por professores da Universidade de Ferrara com técnicos da empresa Santiago & Cintra, e com a participação de professores e alunos da FAUFBA.

O equipamento utilizado foi o Cyrax 2500 com o software Cyclone, tecnologia da Leica Geosystems, com taxa de amostragem de 1000 pontos por segundo e um alcance máximo ideal de 100 m. A cobertura de varredura

para cada cena é definida por um ângulo sólido de 40 x 40 graus. O equipamento possui ainda uma máquina fotográfica digital para a definição da área de varredura sobre o objeto. Por ser de baixa resolução e não estar colimada com o feixe laser, a cor real do ponto não pode ser obtida por este aparelho. A estação de trabalho em campo é composta pelo scanner, uma bateria e um notebook munido do software para aquisição de dados. E no escritório, por um microcomputador com os módulos para registro das nuvens de pontos e para a modelagem geométrica tridimensional.

As nuvens de pontos produzidas no levantamento foram processadas durante o treinamento, gerando produtos parciais que podem ser vistos no site: www.cyark.org. Nas imagens apresentadas neste trabalho pode ser observada a acurácia do levantamento e a riqueza do registro de detalhes.

Assim, mais do que auxiliar na realização de projetos de engenharia através do provimento de dados “as built” ou mesmo “as found”, o uso da tecnologia demonstrou a sua viabilidade para o levantamento de sítios, edificações e objetos altamente complexos e detalhados, seja para fins de simples documentação e visualização ou como fonte de dados segura e precisa para projetos de intervenção e recuperação.



5. Conclusões

A abordagem comum neste tipo de atividade seria definir a área a ser documentada e se proceder o levantamento e o posterior processamento dos dados para a obtenção dos produtos. Esse enfoque apresenta duas limitações



básicas: o alto custo da tecnologia, e a conseqüente descontinuidade com o decorrer do tempo. A estratégia adotada de se realizar o workshop paralelamente à conference serviu para a formulação de um programa completo para esta área e como marco inicial do projeto.

Como contribuições da experiência podem ser citadas:

- Revisão das “melhores práticas” do uso da tecnologia na documentação de sítios históricos, através da discussão com especialistas de vários países em uma

mesa redonda;

- Discussão visando a formulação de um currículo flexível que permita incorporar este tipo de atividade junto ao curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo e que permitirá assegurar a continuidade desse projeto, com a participação de professores e alunos;
- Produção de dados com o objetivo de documentação, execução de desenhos, projetos de restauração, com integração ao SIG da cidade e com outras tecnologias, e ainda, a perspectiva do estabelecimento de uma rede cooperativa de instituições para a continuidade do projeto.

Finalmente, espera-se com a efetiva incorporação da tecnologia no LCAD/FAUFBA o uso de toda a sua potencialidade na produção de “documentos técnicos” altamente precisos tais como modelos geométricos tridimensionais e desenhos ou dados para sistemas de visualização tridimensional com a realidade virtual, referente a edificações, sítios históricos e arqueológicos de grande valor cultural ou que se encontrem em perigo iminente.

Agradecimentos

Registramos os nossos agradecimentos à Kacyra Family Foundation, ao DIAPREM da Universidade de Ferrara, à empresa Santiago & Cintra e à Leica Geosystems HDS, por terem viabilizado a realização do experimento.

Referências

- Balzani, M., Santopuoli, N., Grieco, A. and Zaltron; N. 2004. Scanner 3D Survey in Archaeological Field: the Forum of Pompeii. In International Conference on Remote Sensing Archaeological. Beijing.
- Chudak, D. and Amorim, A. 2004. Notas da 1st International Conference on 3D Laser Scanning for Heritage Documentation. Salvador.
- Groetelaars, N. J. 2004. Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

Endnotes

- ¹ Development of Integrated Automatic Procedures for Restoration of Monuments
- ² Que conta com o apoio da Kacyra Family Foundation, do DIAPREM e da Leica Geosystems HDS.
- ³ Centro de Estudo da Arquitetura da Bahia, criado em 1963.
- ⁴ Curso de Especialização em Conservação e Restauração de Monumentos, que é realizado na Bahia desde 1981.
- ⁵ <http://whc.unesco.org/sites/309.htm>.

Arivaldo Leão de Amorim

Professor Titular, Universidade Federal da Bahia

Engenheiro Civil 1977, Arquiteto 1982, Mestre em Engenharia de Transportes 1990, Doutor em Engenharia de Transportes 1997.

Projeto Auxiliado por Computador Fotogrametria Digital Infra-estrutura Urbana

Daniel Chudak

Director of HDS Business for Latin America, HDS Leica Geosystems

Arquiteto 19xx, MSc 19xx, PhD 19xx.

High Definition Survey 3D Laser Scanning