

EPP – Esquema para o arquivo XML de projeto fotogramétrico da estação digital educacional livre E-FOTO

Guilherme Lucio Abelha Mota
Jorge Luis Nunes Silva e Brito
Marcelo Teixeira Silveira
João Araújo Ribeiro
Orlando Bernardo Filho

Programa de Pós-graduação em Geomática
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
R. São Francisco Xavier, 524, 5º andar - Bloco D - Sala 5032
Maracanã - Rio de Janeiro - RJ – Cep. 20550-900
projetoefoto@gmail.com

Abstract. Digital Photogrammetric Workstations (DPW) are computational systems meant to deal with remotely sensed imagery. Project files, in the DPW environment, incorporate input data and the outcomes of the different steps of the photogrammetric process. Besides storing information, the project file underlays the data exchange and; therefore, accomplishes the integration among different modules of the DPW. This paper aims at presenting an eXtensible Markup Language (XML) definition for the project files, developed in the context of the E-FOTO project, the so-called EPP (E-FOTO Photogrammetric Project) files. Such project files schema was originally designed for a free software educational DPW. If compared to a normal *ad hoc* ASCII, the choice of a XML definition brings some important advantages. The first one can be noticed during the checking of the metadata of a photogrammetric project. In E-FOTO, it can be performed by simply opening the EPP in an Internet browser. Second, if appropriately conjugated to an XSL (eXtensible Stylesheet Language) file the EPP can be dynamic presented according to user needs. Besides, all sources of information in the project, including project parameters, images, results and quality measurements, are treated uniformly; and the appearance of the EPP on the Internet browser can be adapted by the user by just defining his own XSL file.

Palavras-chave: remotely sensed imagery, digital photogrammetry, digital photogrammetric workstations, sensoriamento remoto, fotogrametria digital, estação fotogramétrica digital.

1. Introdução

Fotogrametria é o conjunto de técnicas e rotinas de processamento de imagens fotográficas, visando à modelagem e à reconstituição do espaço tridimensional (espaço-objeto) por intermédio de imagens bidimensionais (espaço-imagem). O estado da arte da fotogrametria é representado pela fotogrametria digital, que emprega imagens digitais ou digitalizadas, métodos e processos computacionais. O equipamento capaz de executar esse conjunto de tarefas denomina-se Estação Fotogramétrica Digital (EFD) – estação de trabalho voltada para a execução de tarefas fotogramétricas; Brito e Coelho Filho (2005).

A tecnologia da fotogrametria digital começou a ser utilizada em larga escala a partir de 1995, tendo chegado ao Brasil a partir de 1998 Brito e Coelho Filho (2005). Entretanto, devido ao elevado custo das EFDs comerciais – da ordem de milhares de dólares – e à falta de recursos financeiros, em geral, os programas acadêmicos brasileiros que oferecem em seus *curricula* matérias relacionadas à fotogrametria apresentam escassez de equipamentos modernos. Em consequência, estudantes e pesquisadores raramente têm acesso a equipamentos fotogramétricos de última geração. Além disto, mesmo em instituições com recursos suficientes para a aquisição de EFDs comerciais, os pesquisadores e estudantes não raramente encontram-se impossibilitados de incorporar às mesmas novos algoritmos, que porventura estejam sendo desenvolvidos, devido a arquitetura fechada das EFDs proprietárias.

Portanto, a utilização de EFD comerciais para finalidades didáticas e de pesquisa em fotogrametria é demasiadamente limitada.

Por outro lado, é importante observar que, apesar de todos os avanços de aplicações de *software* livre no ambiente acadêmico, a área de fotogrametria digital permanece ainda hoje como um campo praticamente inexplorado, fato que reafirma o caráter inovador do projeto E-FOTO, que desenvolve um ambiente integrado para o ensino e pesquisa de fotogrametria digital em *software* livre, por intermédio de uma EFD educacional.

Apesar dos algoritmos de solução das etapas do processo fotogramétrico se encontrarem descritos na literatura, a forma de implementação e as funcionalidades necessárias para a interface do sistema precisam ser definidas em função das especificidades e dos objetivos acadêmicos do projeto E-FOTO. Assim, atendendo à análise de riscos para o desenvolvimento de *software* foi tomada a decisão de iniciar o desenvolvimento pelos problemas específicos de cada etapa do processo fotogramétrico.

Somente a partir do amadurecimento das soluções específicas foram construídas as condições para a compreensão e solução do problema como um todo. No presente momento, é importante apresentar considerações sobre a execução de um projeto fotogramétrico. Neste contexto, um projeto fotogramétrico, conforme descrito em GDE (1994), compreende desde a definição dos objetivos, passando pelo planejamento e realização da aquisição das imagens fotográficas de interesse e execução de diversas etapas do processo fotogramétrico, até o armazenamento e apresentação dos resultados de forma compreensível pelo usuário.

Para a integração dos módulos da EFD educacional é necessário, além de atender às demandas específicas das diferentes etapas do processo fotogramétrico, fazer com que a EFD dê suporte à execução de projetos fotogramétricos. Para isto, é necessária a definição de uma estrutura capaz de armazenar, garantir a integridade e o acesso, por parte dos diferentes módulos e dos usuários, aos dados de entrada e resultados produzidos.

No caso da EFD educacional do projeto E-FOTO foi definida a estrutura de um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*) Bray et al. (2006) livre, chamado EPP (acrônimo do Inglês *E-FOTO Photogrammetric Project* que em português significa **Projeto Fotogramétrico do E-FOTO**), sob licença GNU/GPL. Por atender às quatro liberdades definidas pelo projeto GNU, FSF (2006a), (1 - uso sem restrições; 2 - acesso ao código fonte; 3 - modificação e aperfeiçoamento; e 4 - distribuição de cópias modificadas ou não) FSF (2006b) o formato EPP, tal qual definido para o projeto E-FOTO, pode ser livremente utilizado e aperfeiçoado pela comunidade. Além disso, por ser derivado do XML, o projeto fotogramétrico pode ser visualizado com auxílio de um arquivo XSL (*eXtensible Stylesheet Language*), Adler et al. (2001), capaz de prover a forma de apresentação do arquivo EPP. Assim, o EPP pode ser auditado e impresso de forma simples e independente da plataforma computacional utilizada. Somente se faz necessária a abertura desse arquivo em um navegador Internet compatível com os padrões definidos pelo W3C (*World Wide Web Consortium* - organização responsável por definir os padrões da Internet) <<http://www.w3.org/>>.

O presente artigo apresenta para a comunidade de sensoriamento remoto a definição do arquivo EPP e as vantagens obtidas a partir da escolha desses formatos originalmente definidos para compartilhamento e apresentação de dados na Internet.

Este documento está organizado da seguinte forma: A seção 2 apresenta brevemente o projeto E-FOTO. A seção 3 descreve a estrutura XML do arquivo EPP; a seção 4 descreve e analisa o inter-relacionamento entre o arquivo EPP e o projeto fotogramétrico. A seção 5 apresenta as conclusões e, finalmente, a seção 6 traz as referências e os agradecimentos dos autores.

2. O Projeto E-FOTO

O projeto E-FOTO tem por objetivos a pesquisa, o desenvolvimento e a implementação de um ambiente para o ensino, a auto-aprendizagem e a pesquisa de fotogrametria digital, a partir de duas premissas básicas; Brito e Coelho Filho (2002): (1) a liberdade dos programas componentes, em consequência da utilização da licença GNU/GPL e; (2) do livre uso da documentação associada, sob licença GNU/FDL – tudo acessível no endereço eletrônico <<http://www.efoto.eng.uerj.br>>.

O Projeto E-FOTO teve seu início marcado por um projeto de final de curso de Graduação em engenharia cartográfica no Instituto Militar de Engenharia, em 2002; Coelho Filho (2002). Atualmente, o projeto E-FOTO está em andamento no contexto do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Computação, área de Concentração Geomática (PGEC Geomática), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Nesta instituição, contando com suporte financeiro do CNPq, tornou-se um projeto interdisciplinar, tendo agregado pesquisadores e alunos, tanto de graduação, quanto de pós-graduação, com diferentes formações.

A vertente principal do projeto E-FOTO envolve o desenvolvimento e o gerenciamento de uma Estação Fotogramétrica Digital educacional dentro do paradigma do *software* livre. O projeto E-FOTO desenvolve e disponibiliza o único ambiente para ensino, auto-aprendizado e pesquisa de Fotogrametria Digital livre e integrado por uma EFD educacional. Além disso, por se tratar de um projeto livre, os interessados podem participar de forma bastante ativa, seja melhorando o código, enviando sugestões e desenvolvendo novos módulos, textos e algoritmos. Desta forma, dentro da comunidade cartográfica e a partir de uma iniciativa tomada para a solução de um problema específico é criado um ambiente de autonomia e solidariedade entre diversos grupos de pesquisa do Brasil e no exterior. Espera-se que a implementação da EFD educacional do projeto E-FOTO possa contribuir significativamente para a emancipação da comunidade científica da indústria de *software* fotogramétrico proprietário. Assim sendo, eliminar a dependência de Estações Fotogramétricas Digitais Comerciais que possuem um custo elevado e são em muitos casos, devido à inacessibilidade de seu código fonte, inadequadas para realização de pesquisas.

3. EPP - Projeto Fotogramétrico do E-FOTO

Um projeto de mapeamento fotogramétrico tem por objetivo a produção da informação cartográfica sobre uma região geográfica de interesse. Essa informação poderá conter tanto valores métricos – no caso do mapeamento topográfico – quanto qualitativos, tarefa de que se ocupa o mapeamento temático. O projeto E-FOTO trata do mapeamento topográfico, privilegiando, portanto, as informações métricas sobre o espaço geográfico (terreno).

A informação cartográfica a ser produzida no contexto de um projeto de mapeamento topográfico fotogramétrico digital baseia-se tanto em estruturas de dados vetoriais, no caso da restituição fotogramétrica, quanto nas estruturas matriciais, formato que privilegia os modelos numéricos de elevação e as orto-imagens.

Relatórios contendo os parâmetros das orientações interior e exterior de cada imagem de um projeto, listas das coordenadas dos pontos de controle, fotogramétricos e de teste, bem como seus respectivos valores ajustados no processo da fototriangulação, além das respectivas precisões, são igualmente importantes e necessários a um projeto de mapeamento fotogramétrico digital, sendo normalmente gravados em formato *ad hoc* ASCII ou texto. Em relação ao formato ASCII, a escolha do XML traz importantes vantagens: A primeira pode ser notada durante a auditoria do projeto, que pode ser feita simplesmente abrindo-se o arquivo EPP num navegador Internet. Segundo, caso seja apropriadamente conjugado com um

arquivo XSL, o projeto poderá ser apresentado de forma dinâmica em função de escolhas feitas pelo usuário. Terceiro, a apresentação de informações de diferentes naturezas (imagens, números, matrizes e etc) pode ser realizada de modo uniforme. Por último, a forma de apresentação pode ser adaptada pelo usuário de acordo com suas necessidades, bastando para tal a definição de um novo arquivo XSL.

Além dos dados anteriormente mencionados, entende-se que um projeto fotogramétrico seja caracterizado pela possibilidade de intercomunicação dos resultados das diversas operações de mapeamento fotogramétrico digital. Mais do que permitir a comunicação entre os módulos e o uso racional das funcionalidades disponibilizadas pelo projeto E-FOTO, entende-se o arquivo EPP como uma “radiografia” do projeto, disponibilizando, dentre outras informações, as responsabilidades e os dados sobre a execução, sobre as finalidades do projeto, sobre os valores numéricos obtidos e as respectivas precisões. Assim, o arquivo de projeto pode ser uma das partes mais importantes de um projeto de mapeamento, por permitir o acesso aos metadados do mesmo, bem como uma auditoria no projeto como um todo. Isto é particularmente importante no caso do E-FOTO por seus objetivos didáticos – ensino e auto-aprendizado de fotogrametria digital. A título de ilustração, apresentam-se em seguida algumas das informações julgadas críticas para um projeto de mapeamento fotogramétrico:

- Qual é o nome do projeto? Qual a sua finalidade? Quem é o seu responsável?
- Sobre que região geográfica se estende o projeto? Quais as características do relevo? Quais as altitudes mínima, média e máxima?
- Qual o Sistema Geodésico de Referência? Qual o Sistema de Projeção Cartográfica adotado?
- Quais as imagens fotográficas utilizadas? Qual a sua resolução geométrica?
- Quais os dados sobre a cobertura aerofotogramétrica? Qual a distância focal calibrada da câmara? Qual a altura nominal de vôo? Quais as superposições longitudinal e lateral?
- Quais as coordenadas dos pontos de controle e de verificação, bem como suas respectivas precisões?
- Quais as coordenadas ajustadas dos pontos fotogramétricos e suas respectivas precisões?
- Quais os parâmetros das orientações interior e exterior de cada imagem do projeto, bem como suas respectivas precisões e co-variâncias?

4. Definição da Estrutura EPP – Arquivo de Projeto do E-FOTO

O W3C fornece duas formas oficiais para a definição de arquivos XML: DTD, Bosak et al. (1998), (*Document Type Definition* – em português: Definição de Tipo de Documento) e XSD (*XML Schemas Definition* – em português Definição de Esquema XML), W3C (2006). Enquanto, por um lado, DTD define a estrutura do XML, por outro lado, o XSD define, além da estrutura, o conteúdo e a semântica do arquivo. O enquadramento da definição do EPP, tanto ao DTD quanto ao XSD, vai além do escopo do presente trabalho. Um exemplo do EPP e o seu XSD de validação encontram-se disponíveis no endereço eletrônico: <<http://www.efoto.eng.uerj.br/more-pt.html>>

Na presente seção será utilizado um formalismo *ad hoc* tão simples quanto possível para a definição da estrutura do arquivo EPP. Este formalismo encontra-se resumido na **Tabela 1**.

Como no XML, na **Tabela 1**, a estrutura principal é o elemento. À direita da declaração de um elemento, entre duas barras, vem o intervalo de valores para o número permitido de ocorrências deste elemento. Após a definição de um elemento – composta pela própria

definição do elemento e de tantos atributos quanto forem necessários – vem a definição de um novo elemento. A indentação dos elementos define a hierarquia da estrutura do arquivo.

Tabela 1- Sintaxe resumida do formalismo usado para a descrição do arquivo EPP.

<i>Estrutura</i>	<i>Semântica</i>	<i>Sintaxe</i>
<i>Elemento</i>	Representa uma entidade significativa para o projeto fotogramétrico (ex.: projeto, terreno, imagem, par estéreo, bloco de imagens, etc)	+<Nome_do_Elemento>
<i>Atributo</i>	Qualifica um elemento. (ex.: nome, identificador, etc)	- <i>Lista_de_Atributos</i>
<i>Tipo de Atributo</i>	Especifica o tipo de dado do atributo. São os seguintes: Integer, String, Double, Matrix* ¹ , Date.	:Nome_do_Tipo
<i>Lista de Atributos</i>	Define um conjunto de atributos de um mesmo tipo.	(atributo_1), (atributo_2) ..., (atributo_n) :Tipo_do_Atributo
<i>Comentário</i>	Permite fazer uma breve observação sobre uma estrutura visando fornecer esclarecimentos adicionais.	/comentário/

A **Figura 1** utiliza o formalismo que acaba de ser apresentado para descrever a estrutura geral do arquivo EPP, nesta declaração os atributos e os elementos acima do nível 4 de indentação foram suprimidos. Contudo, a existência dos atributos e elementos suprimidos está referenciada nos comentários.

```

+<efoto_project_file> |1..1| /elemento principal do arquivo EPP/
  +<Project> |1..1| /Elemento principal do projeto/
    /Atributos do projeto/
    + <terrain> |1..1| /descreve as informações do terreno/
      /Atributos de terreno/
      + <Work_Area_Center_Coordinates> 1..1 /coordenadas latlong do centro do terreno/
        /Foram suprimidos os elementos Latitude, Longitude e UTM_Fuse e seus respectivos atributos/
    + <Points> |1..1| /pontos do projeto fotogramétrico/
      + <Ground_Control_Points> |1..1|
        /Foram suprimidos os elementos Ground_Control_Point e seus atributos/
      + <Checking_Points> |1..1|
        /Foram suprimidos os elementos Ground_Control_Point e seus atributos/
      + <Photogrammetric_Points> |1..1|
        /Foram suprimidos os elementos Photogrammetric_Point e seus atributos/
    + <Sensors> |1..1|
      + <Sensor> |1..∞|
        /Foram suprimidos os atributos e elementos filhos de Sensor/
    + <flights> |1..1|
      + <flight> |1..∞|
        /Foram suprimidos os atributos e elementos filhos de Flight/
    + <digital_images>
      + <image> |1..3|
        /Foram suprimidos os atributos e elementos filhos de Image/
    + <Photogrammetric_Block> |1..1|
      + <image> |1..∞|
        /Foram suprimidos os atributos e elementos filhos de Image/
      + <Stereoimages> |1..1|
        /Foram suprimidos os atributos e elementos filhos de Estereograms /
      + <dem_mosaic> |1..1|
        /Foram suprimidos os atributos de dem_mosaic /
      + <orthophoto>|1..1|
        /Foram suprimidos os atributos de orthophoto /

```

Figura 1- Descrição simplificada do Arquivo EPP.

*¹ No arquivo XML, o tipo *Matrix* é representado tal qual no MathML; Carlisle et al. (2003).

A **Tabela 2** enumera e descreve os elementos nos níveis de indentação 1 a 3 do arquivo EPP apresentado na **Figura 1**.

Tabela 2 - Descrição dos elementos de nível 1 a 3 do arquivo EPP.

<i>Elemento</i>	<i>Nível</i>	<i>Descrição</i>
+<efoto_project_file>	1	Elemento principal, raiz do arquivo EPP. Não contém atributos.
+<Project>	2	Elemento que descreve as características do projeto fotogramétrico.
+ <terrain>	3	Elemento que descreve as características do terreno.
+ <Points>	3	Elemento que contém a lista assim como a descrição dos pontos de controle, verificação e fotogramétricos.
+ <Sensors>	3	Elemento que contém a lista e os respectivos parâmetros dos sensores empregados no projeto.
+ <flights>	3	Descreve as informações de cada um dos vôos fotogramétricos.
+ <digital_images>	3	Descreve as diversas imagens, associando cada uma delas com os respectivos vôos, o arquivo de imagem, as coordenadas de imagem das marcas fiduciais definidas em +<Sensors> e, dentre os pontos definidos em +<Points>, daqueles presentes na imagem digital, além dos resultados das operações de recuperação da métrica da câmara e do terreno.
+ <Photogrammetric_Block>	3	Descreve a estrutura do bloco fotogramétrico: os pares estéreo presentes, os resultados obtidos através de estereoscopia, o mosaico formado pelo agrupamento dos DEM de cada par estéreo e a ortofoto.

Apesar da apresentação simplificada da estrutura do arquivo EPP descrita pela **Figura 1** e da função de seus principais elementos mostrada na **Tabela 2**, as informações fornecidas até o presente momento são insuficientes para a compreensão da interação entre as etapas do processo fotogramétrico e o arquivo EPP. Neste artigo, para subsidiar a compreensão desta interação para um subconjunto das operações fotogramétricas disponíveis no E-FOTO, mais precisamente para as operações orientação interior e orientação exterior, na subseção a seguir são apresentados mais detalhadamente os filhos do elemento *image*.

4.1. Detalhamento dos Elementos Filhos de *image*

Conforme anteriormente mencionado, a materialização dos projetos fotogramétricos no ambiente E-FOTO esta sendo implementada por intermédio do arquivo EPP. Dentre as diversas estruturas desse arquivo, os elementos e atributos vinculados ao elemento *image*, situados nos níveis hierárquicos inferiores e relevantes para a discussão a seguir são apresentados na tabela 3.

A título de exemplificação, o relacionamento, a comunicação e a persistência entre parâmetros, cálculos e resultados intermediários serão abordada em maior grau de detalhamento para as operações de orientação interior e orientação exterior.

No caso da orientação interior tem-se como resultados os seis parâmetros da transformação afim, que vão permitir o mapeamento do espaço imagem digital para o espaço imagem analógica. Contudo, para sua obtenção são necessárias as coordenadas das marcas fiduciais – armazenadas previamente sob o elemento *Sensors*. Os parâmetros da orientação interior e suas respectivas precisões são armazenados sob o elemento *interior_orientation*. Como são utilizados pelos módulos orientação exterior e restituição fotogramétrica digital,

estas informações precisam, por sua vez, estar acessíveis. Assim, uma vez calculados, esses valores devem persistir durante as demais operações fotogramétricas. De modo semelhante, os parâmetros da orientação exterior, armazenados sob o elemento *exterior_orientation*, são necessários à interseção espacial, para a medição estereoscópica e o cálculo das coordenadas de terreno de um ponto isolado ou de um conjunto de pontos sobre uma feição de interesse, tal como um leito de rio ou uma estrada.

Tabela 3 - Descrição dos elementos de nível 4 a 6 a partir do elemento imagem

<i>Elemento</i>	<i>Nível</i>	<i>Descrição</i>
+<image>	4	Uma das imagem do projeto fotogramétrico.
+<Fidutial_Marks>	5	Armazena os elementos referentes a cada marca fiducial.
+<Fidutial_Mark>	6	Identifica e armazena as coordenadas de imagem de uma marca fiducial.
+ <Points>	5	Elemento que contem a lista assim como a localização em coordenadas de imagem dos pontos de controle, verificação e fotogramétricos visíveis na imagem corrente.
+ <Interior_Orientation>	5	Elemento que contém os parâmetros e medidas de qualidade da orientação interior da imagem corrente.
+ <Exterior_Orientation>	5	Elemento que contém os parâmetros e medidas de qualidade da orientação exterior da imagem corrente.

5. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

O uso da linguagem de marcação XML no arquivo EPP, que descreve o projeto fotogramétrico, trouxe diversos benefícios no desenvolvimento do projeto E-FOTO: pelo lado do usuário, o arquivo é legível por seres humanos, não necessitando de programas especiais para decifrar seu conteúdo e qualquer editor de texto pode ser usado para editá-lo. A escolha dos termos usados na sua especificação foi feita de tal forma que qualquer pessoa com conhecimentos mínimos de fotogrametria poderia compreender seu conteúdo, mesmo sem conhecer a sintaxe de XML. Além disso, o arquivo pode ser facilmente visualizado em um navegador web, associando-o com uma página de estilos ou sendo transformado via XSL. Pelo lado dos desenvolvedores, formalmente a sintaxe utilizada neste arquivo é definida usando um arquivo XSD, cuja linguagem de especificação também é XML, ou seja, não é necessário aprender outra linguagem formal para descrever o arquivo EPP. Outra vantagem é que XSD é extensível, permitindo uma evolução da especificação do projeto, conforme o desenvolvimento deste avança. O arquivo XSD também pode ser usado para validar o arquivo EPP, detectando qualquer falha na sua construção.

O projeto E-FOTO se compõe de módulos que implementam as diversas funcionalidades de uma estação fotogramétrica digital. Seu desenvolvimento em código aberto e livre, sob licença GPL, permite prever que outras equipes poderão vir a desenvolver módulos que certamente virão a ser incorporados à estação original. Estes módulos devem ser capazes trocar informações de forma segura, sem ambigüidades. O arquivo EPP permite esta comunicação entre módulos ao mesmo tempo em que possibilita que os dados gerados por novos módulos sejam incorporados e validados. A consequência natural é a incorporação à estação fotogramétrica, no futuro, de um módulo com a função de validar automaticamente, baseado no arquivo XSD, o arquivo EPP gerado por um novo aplicativo ou módulo.

Outra possibilidade aberta é o uso de programas escritos em XSLT, Clark (1999), (eXtensible Stylesheet Language for Transformation, em português Linguagem de Folhas de

Estilo Extensível para Transformação). XSLT é uma linguagem, derivada de XML, usada para transformar documentos XML e, no caso do projeto E-FOTO, permite que se criem filtros para apresentar apenas a informação relevante de um arquivo de projeto, na forma de uma página web ou de páginas no formato pdf. O par XML/XSLT, usado no arquivo EPP, permite uma grande flexibilidade na apresentação dos dados, pois, mesmo que os desenvolvedores forneçam programas de transformação pré-estabelecidos, o usuário do E-FOTO ainda é livre para implementar sua própria solução de visualização dos dados, bastando para isso associar o arquivo EPP com um arquivo XSLT de sua própria autoria.

Como uma observação final, cabe ressaltar que a versão ora disponibilizada do E-FOTO pressupõe as seguintes condições: (1) Sistema Geodésico: SAD-69; (2) Sistema de projeção cartográfica: UTM – hemisfério sul. Espera-se que futuras versões generalizem os sistemas geodésicos de referência, bem como os sistemas de projeção cartográfica. Aliás, este é exatamente o espírito do *software* livre: contar com a possibilidade de se desenvolver e aperfeiçoar o *software* a partir da colaboração de interessados de qualquer parte do mundo.

6. Agradecimentos

Os autores gostariam de manifestar sua gratidão ao CNPq, à FAPERJ e à UERJ pelo suporte financeiro e institucional ao projeto E-FOTO.

Referências

- Adler, Sharon; Berglund, Anders; Caruso, Jeff; Deach, Stephen; Graham, Tony; Grosso, Paul; Gutentag, Eduardo; Milowski, Alex; Parnell, Scott; Richman, Jeremy; Zilles, Steve. **Extensible Stylesheet Language (XSL) Version 1.0**. W3C Recommendation, 2001. Disponível em: < <http://www.w3.org/TR/xsl/> >. Acesso em: 1 out. 2006.
- Bosak, Jon; Bray, Tim; Connolly, Dan; Maler, Eve; Nicol, Gavin; Sperberg-McQueen, C. Michael; Wood, Lauren; Clark, James. **Guide to the W3C XML Specification ("XMLspec") DTD, Version 2.1**. W3C Report, 1998. Disponível em: < <http://www.w3.org/XML/1998/06/xmlspec-report.htm> >. Acesso em: 1 out. 2006.
- Bray, Tim; Paoli, Jean; Sperberg-McQueen, C. M.; Maler, Eve; Yergeau, François; Cowan, John eds. **Extensible Markup Language (XML) 1.1 (Second Edition)**. W3C Recommendation, 16 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml11-20060816/>>. Acesso em: 1 out. 2006.
- Brito, J. L. N. e S.; Coelho Filho, L. C. T. **Fotogrametria digital**. e-book GNU/FDL, 2005, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.efoto.eng.uerj.br/ebook-pt.html>>. Acesso em: 14 out 2006.
- Carlisle, David; Ion, Patrick; Poppelier, Nico. (eds) **Mathematical Markup Language (MathML) Version 2.0 (Second Edition)**. W3C Recommendation, 21 out. 2003. Disponível em: < <http://www.w3.org/TR/2003/REC-MathML2-20031021/> > Acesso em: 14 out 2006.
- Clark, James (ed.). **XSL Transformations (XSLT) Version 1.0**. W3C Recommendation, 16 November 1999. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xslt>>. Acesso em: 14 out 2006.
- Coelho Filho, L. C. T. **Projeto E-FOTO: Uma Estação Fotogramétrica Digital Educacional**. 2002. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 2002.
- Free Software Foundation (FSF). O Sistema Operacional GNU. 2006a. Disponível em: <<http://www.gnu.org/home.pt.html>>. Acesso em: 14 out 2006.
- Free Software Foundation (FSF). O que é o Software Livre? 2006b. Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt.html>>. Acesso em: 14 out 2006.
- GDE Systems, Inc. **Digital Photogrammetric Workstation User's Manual**. 1994.
- W3C. **XML Schema**. 21 set. 2006. Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/Schema>> Acesso em: 14 out 2006.