

Revista Brasileira de Cartografia (2017), Edição de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Nº 69/6: 1029-1040
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ANÁLISE DE USABILIDADE DA PLATAFORMA FOTOGRAMÉTRICA EDUCACIONAL E-FOTO PARA O ENSINO DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL

*Usability Analysis of the Educational Photogrammetric Platform E-Foto for the
Digital Photogrammetry Teaching*

**Juliana Tramontina¹, Camila Cavalheiro da Costa², Aruna Noal Correa² &
Antoninho João Pegoraro³**

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

Av. Bento Gonçalves, nº 9500 - Campus do Vale - Cep: 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil
tramontina.ju@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Centro de Educação – CE Av. Roraima, nº 1000 – Cidade universitária,

Bairro Camobi – Cep: 97105-900 – Santa Maria – RS - Brasil
{costacamila13, arunanoal}@hotmail.com

³Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Departamento de Geoprocessamento

Av. Roraima nº 1000 – Campus UFSM (prédio 70), Bairro Camobi
Cep: 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil
ajpegoraro@gmail.com

Recebido em 6 de Março, 2017/ Aceito em 16 de Abril, 2017

Received on March 6, 2017/ Accepted on April 16, 2017

RESUMO

Os avanços tecnológicos e científicos da fotogrametria digital e o elevado número de dados extraídos por meio desta área de conhecimento, têm impulsionado o desenvolvimento de equipamentos e *softwares* de processamento. Justificando-se a necessidade da inclusão de plataformas educacionais para o ensino da fotogrametria digital no ensino técnico, atuando como facilitador do ensino e dando acesso à equipamentos e *softwares*, muitas vezes restritos pelos seus altos custos. Este artigo teve como objetivo avaliar a usabilidade da Plataforma Fotogramétrica Educacional E-Foto para o ensino da fotogrametria digital no ensino técnico. Os dados foram obtidos a partir da aplicação de um questionário *online* em uma turma de 14 alunos do curso Técnico em Geoprocessamento, a partir do qual realizou-se uma análise qualitativa e quantitativa. Para a análise quantitativa utilizou-se o método SUS - *System Usability Scale*, que possibilitou avaliar, através de uma métrica, que a Plataforma Fotogramétrica Educacional E-Foto atende as exigências de usabilidade de um *software* com este propósito. Além disso, verificou-se que o E-Foto atinge aos objetivos propostos de ensino, possui tutoriais de apoio que auxiliam a este propósito e que, desta forma, pode ser utilizado, como recurso metodológico adicional no ensino da disciplina de Fotogrametria Digital. Sobretudo, a análise qualitativa permitiu identificar oportunidades de melhorias do sistema, as quais contribuirão para sua melhor usabilidade.

Palavras-chave: Ensino Técnico, Fotogrametria, SUS - *System Usability Scale*.

ABSTRACT

The technological and scientific advances of digital photogrammetry and the high number of data extracted through this knowledge area, have driven the development of equipment and processing software. Justifying the need to include educational platforms for the teaching of digital photogrammetry in technical education, acting as facilitator of teaching and given access to equipment and software, often restricted by their high costs. This article aimed to evaluate the usability of the E-Foto Educational Photogrammetric Platform for the teaching of digital photogrammetry in technical education. The data were obtained from the application of an online questionnaire in a class of 14 students of the Technical course in Geoprocessing, from which a qualitative and quantitative analysis was carried out. For the quantitative analysis, the SUS-System Usability Scale method was used, which made it possible to evaluate, through a metric, that the Photogrammetric Educational E-Photo Platform meets the usability requirements of a software with this purpose. In addition, it was verified that the E-Foto reaches the proposed teaching objectives, it has support tutorials that help this purpose and that, in this way, can be used as additional methodological resource in teaching the discipline of Digital Photogrammetry. Especially, the qualitative analysis allowed to identify opportunities for system improvements, which will contribute to its better usability.

Keywords: Technical Education, Photogrammetry, SUS - System Usability Scale.

1. INTRODUÇÃO

A Fotogrametria é definida segundo a ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) (1997) como “a arte, ciência, e tecnologia de se obter informação confiável sobre objetos físicos e o meio-ambiente, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens e padrões de energia eletromagnética radiante e outros fenômenos”. De modo prático, a fotogrametria é um conjunto de técnicas e rotinas de processamento de imagens fotográficas, que tem por intuito a reconstrução do espaço tridimensional por intermédio de imagens bidimensionais (COELHO FILHO, 2002; MOTA *et al.*, 2009).

A fim de conseguir formas mais rápidas, simples e baratas para coleta de dados, a fotogrametria tem sido cada vez mais empregada nas diversas áreas de atuação. Os avanços nas aplicações foram possíveis, sobretudo devido aos avanços tecnológicos empregados no âmbito da fotogrametria. Silva (2012), em seu relato sobre a evolução da fotogrametria no Brasil, destaca que esta acompanhou o desenvolvimento que ocorreu no resto do mundo, e que a ISPRS (*International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*) e a ASPRS, tiveram e tem um papel importante no desenvolvimento da fotogrametria até hoje.

Desde a fotogrametria pioneira, onde se desenvolveu os primeiros princípios e técnicas fotogramétricas, até a era da fotogrametria analítica, a qual foi marcada pelo advento do computador, a evolução foi notória. Contudo,

até essa etapa do progresso, as fontes de entrada e saída de dados (imagens) eram analógicas, o que dificultava e tornava o processo oneroso e limitado (COELHO FILHO & BRITO, 2007; SILVA, 2012). Na década de 90 as primeiras aplicações da fotogrametria digital surgiram em termos mundiais (LEBERL, 1991; SILVA, 2012), possibilitando utilizar imagens digitais como fonte primária dos dados. No Brasil, o início da fotogrametria digital foi posterior a esta data, uma vez que os equipamentos analógicos foram adaptados à *encoders* (conversor analógico digital) ligados à computadores com sistemas de CAD (*Computer Aided Design*).

Entretanto, superado esse período, a fotogrametria digital desenvolveu-se rapidamente em diversas áreas tecnológicas, de forma que, na fase atual, pode ser visto mudanças importantes nas normas operacionais, além de avanços tecnológicos na fabricação de câmeras, filmes e recursos computacionais. Áreas tais como engenharia elétrica, ciência da computação, robótica, inteligência artificial, multimídia e geociências, foram algumas das áreas que contribuíram com esses avanços (SILVA, 2012). Com destaque às áreas de Visão Computacional e Visão de Máquinas, as quais foram fundamentais nas melhorias relacionadas à automação dos processos na fotogrametria digital (GALO & TOZZI, 1997; ZHANG & YAO, 2008).

Atualmente as aplicações da fotogrametria digital perpassam por diversas áreas do conhecimento científico. Na Engenharia Cartográfica, pela sua capacidade de reconstruir

com detalhes as superfícies estudadas (COELHO FILHO & BRITO, 2007), e na exploração do espaço (TEMBA, 2000). Na medicina com a quantificação de nódulos pulmonares (MOTA & BRITO, 2005). Na arqueologia, viabilizando o levantamento não-invasivo de sítios arqueológicos e monumentos históricos (KRAUS, 2000; BALLESTER, 2016). Na área florestal é empregada para o desenvolvimento de métodos com aplicação no manejo florestal (BALENOVIĆ *et al.*, 2011; BALENOVIĆ *et al.*, 2015), bem como para o monitoramento de danos florestais provocadas por fatores bióticos e abióticos (MILLER *et al.*, 2000). No âmbito da fotogrametria a curta distância, outras aplicações foram e têm sido realizadas, como pode ser visto em Tommaselli *et al.* (1999), Tommaselli *et al.* (2010), Arevalo Vera *et al.* (2015) e Vidal *et al.* (2015).

A vasta área de aplicação tem se dado, sobretudo, devido ao advento dos VANTs e sua capacidade de obtenção de dados fotogramétricos. Para Eisenbeiss (2009) a fotogrametria UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), terminologia introduzida pelo autor, abre várias novas aplicações, combinando a fotogrametria aérea e terrestre, e sendo uma alternativa de baixo custo para a fotogrametria aérea clássica tripulada.

Os equipamentos atualmente empregados nos processamentos de imagens também evoluíram. Chamados de Estações Fotogramétricas Digitais ou Sistemas Fotogramétricos Digitais, essas estações permitem a reconstrução semiautomática do espaço tridimensional (espaço objeto), a partir de imagens bidimensionais (espaço imagem) (COELHO FILHO & BRITO, 2007). Fundamentado nisso, o conceito de fotogrametria digital evoluiu para Sistema Digital Fotogramétrico, que integra a fotogrametria digital com as ciências da computação para executar operações automáticas (SILVA, 2012).

As operações automáticas, tanto as que necessitam da Interação Humano Computador (IHC), quanto às executadas exclusivamente por computadores, requerem *softwares* de processamento que atendam a tais funções. Na conjuntura atual, as principais empresas do ramo e entidades governamentais, já estão equipadas com modernas câmeras fotogramétricas digitais e eficientes sistemas de processamento. Contudo, o acesso a tais equipamentos e *softwares*

torna-se limitado no âmbito educacional e, para fins acadêmicos, principalmente devido a elevados custos, demanda por espaço adequado, *hardwares* com características particulares e equipes qualificadas que proponham uma formação específica.

Dessa forma, se faz necessário a inclusão efetiva de plataformas educacionais, como exemplo da plataforma E-Foto, para o ensino da fotogrametria digital (CARNEIRO *et al.*, 2008), bem como, facilitador ao acesso à equipamentos e *softwares*, até então restritos a empresas e com altos custos. É fundamental que os futuros profissionais possuam o domínio sobre as mais modernas técnicas e métodos fotogramétricos, para que ao compor o mercado de trabalho possam atuar com fluência e eficiência. Para Mota *et al.* (2009) o projeto educacional E-Foto proporciona acessibilidade tanto a estudantes quanto a pesquisadores, contribuindo tanto ao ensino quanto à pesquisa.

O objetivo do projeto E-Foto é disponibilizar um *software* para implementação de uma estação fotogramétrica digital educacional em ambiente de *software* livre (MOTA *et al.*, 2012; BERNARDO FILHO *et al.*, 2017). Para garantir a eficiência didática do mesmo, permitindo os processos de ensino e aprendizagem, foi criado com uma interface gráfica simples, intuitiva e que possibilita ao aluno orientar-se através de etapas de um projeto fotogramétrico (Figura 1).

As etapas são subdivididas em módulos que definem o fluxo de trabalho (Figura 2), onde cada módulo resgata conceitos e conhecimentos específicos utilizados na fotogrametria, visando, a partir da ótica pedagógica, relacionar e concretizar conceitos teóricos de modo prático (RIBEIRO *et al.*, 2014). As etapas do fluxo de trabalho são detalhadas por Bernardo Filho *et al.* (2017), bem como nas matérias de apoio do *software*.

Pesquisas comparando a eficiência do *software* E-Foto em relação a *softwares* comerciais demonstraram resultados satisfatórios para os principais módulos de trabalho (LARANJA *et al.*, 2012; LENGROBER *et al.*, 2012). Além disso, sua importância foi reconhecida duas vezes pelo Prêmio CATCON (*Computer Assisted Teaching Contest*), sendo a primeira em 2012 e a segunda na última edição, 2016. CATCON é o concurso de *software* organizado pela ISPRS, e premia projetos desenvolvidos para o ensino

na área de fotogrametria, sensoriamento remoto ou SIG, e tem como principal objetivo promover o desenvolvimento e divulgação de recursos eficazes, projetados para o ensino assistido por computador (ISPRS, 2012; 2016). O E-Foto foi considerado recentemente como um dos treze melhores *softwares* livres de processamento, pelo site *GISGeography* (2018).

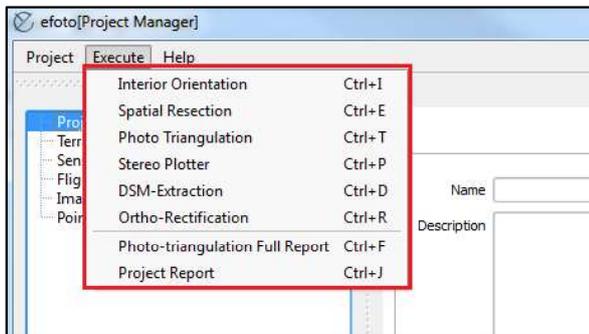


Fig. 1 – Interface gráfica do E-Foto. Em destaque as etapas de um projeto fotogramétrico.

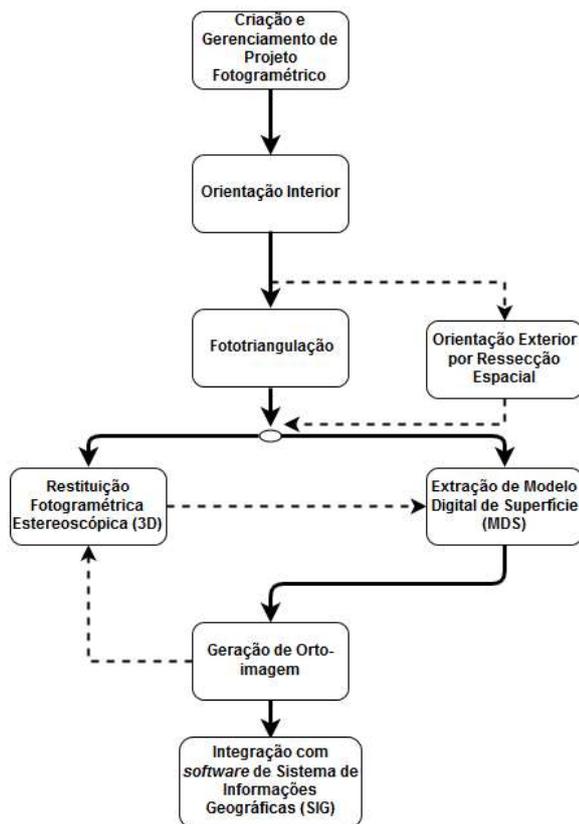


Fig. 2 – Fluxo de trabalho do software E-Foto. Fonte: Adaptado de Bernardo Filho *et al.* (2017).

O reconhecimento alcançado pelo *software* E-Foto ao longo do seu desenvolvimento é motivado principalmente pelas melhorias e atualizações realizadas, as quais são baseadas nas necessidades dos usuários, e que visam facilitar

e otimizar sua utilização. Dentre as melhorias recentes, pode-se destacar a possibilidade de trabalhar com arquivos no formato *shapefile* (vetor), formato que permite a integração do E-Foto com *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (BERNARDO FILHO, *et al.*, 2017)

Vale ressaltar que, além de gratuito e de caráter educacional, o *software* E-Foto possui licença livre (*open source*) (MOTA *et al.*, 2009; BERNARDO FILHO *et al.*, 2017), atendendo a proposta definida pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), como um Recurso Educacional Aberto (REA). Por ser um *software* livre e gratuito, permite que o mesmo seja executado para qualquer finalidade, com possibilidade de adaptação do programa às necessidades específicas, seja dos alunos ou pesquisadores, através do acesso ao código fonte (CARNEIRO *et al.*, 2008).

Uma das formas de se identificar melhorias e adaptações é através de questionamentos aos usuários. Da mesma forma, para quando se deseja avaliar a efetividade de um *software* quanto a sua usabilidade, eficiência e satisfação do usuário. Para Boucinha & Tarouco (2013) a análise IHC e a usabilidade se destacam como fatores decisivos para definir a aquisição e a utilização de sistemas.

Sendo assim, esse artigo teve por objetivo averiguar o nível (escala) de usabilidade do *software* E-Foto como suporte ao ensino da fotogrametria digital no ensino técnico. Além disso, buscou-se realizar uma breve análise qualitativa referente à experiência e satisfação dos alunos com o uso do *software* E-Foto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa foi realizada com alunos de uma turma do curso Técnico em Geoprocessamento, do colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, na disciplina de Fotogrametria Digital. No total participaram da pesquisa 14 alunos, enquadrando-se no tamanho da amostra ideal para testes de usabilidade, conforme estabelecido por Tullis & Stetson (2004).

O perfil dos alunos que participaram do teste de usabilidade, quanto à idade, gênero e escolaridade, corresponde: idade entre 18 e

30 anos, predominância do gênero masculino com graduação completa ou em andamento e experiência, construída durante a disciplina de Fotogrametria Digital, no *software* E-Foto. Deve-se destacar aqui, que este perfil é diferenciado em relação ao estudante típico no ensino técnico, que busca uma formação rápida e com resposta imediata ao mercado de trabalho.

O levantamento dos dados foi realizado a partir da aplicação de um questionário *online* composto por dezesseis questões, que buscou avaliar a usabilidade da estação fotogramétrica digital educacional E-Foto para o ensino da fotogrametria digital no ensino técnico. Os dados foram submetidos à análise qualitativa e quantitativa.

A análise quantitativa foi realizada por meio do método de Brooke (1986), denominado SUS (*System Usability Scale*), que permite averiguar o nível (escala) de usabilidade de um sistema. O método SUS auxilia, no contexto da usabilidade, a avaliar a efetividade, eficiência e satisfação na utilização de plataformas, *hardware*, *software* e serviços.

O método SUS é um teste quantitativo composto por um questionário com dez questões objetivas que utilizam a escala *Likert* de resposta (LIKERT, 1932). As respostas podem variar de 1 a 5, onde 1 é Discordo totalmente; 2 Discordo parcialmente; 3 é Indiferente; 4 Concordo parcialmente e; 5 Concordo totalmente. As questões são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Questões do método sus

Questões	Escala*				
	1	2	3	4	5
1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.					
2. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.					
3. Eu achei o sistema fácil de usar.					
4. Eu acho que eu precisaria do apoio de uma pessoa técnica para ser capaz de usar este sistema.					
5. Eu achei as diversas funções deste sistema bem integradas.					
6. Eu acredito que há muita inconsistência neste sistema.					
7. Eu imagino que a maioria das pessoas iria aprender a usar este sistema rapidamente.					
8. Eu achei o sistema muito complicado de usar.					
9. Eu me senti muito confiante usando o sistema					
10. Eu precisei de muitos conhecimentos prévios para usar o sistema					

Fonte: Adaptado de Brooke (1986).

*1: Discordo totalmente; 2: Discordo parcialmente; 3: Indiferente; 4: Concordo parcialmente; 5: Concordo totalmente.

Para chegar à escala final, ou nível de usabilidade, os resultados são convertidos para que a pontuação final varie de 0 a 100. Sendo que, quanto mais próximo ao limite superior (100), maior a usabilidade do produto testado. A conversão dos resultados é realizada da seguinte forma: para as respostas das questões ímpares (1, 3 e 5) subtrai-se o valor 1; para as questões pares (2 e 4) o valor da resposta é subtraído do valor 5. Na sequência, obtém-se a soma das questões por alunos, as quais são multiplicadas pelo valor 2,5, para obter o resultado individual. Para alcançar o valor final do SUS (escala global), realiza-se a média aritmética dos resultados individuais.

Além das questões objetivas baseadas no método SUS, foram aplicadas questões

que visaram avaliar a satisfatoriedade do *software* quanto ao seu objetivo educacional e a consistência documental. Questões abertas de caráter qualitativo permitiram avaliar ainda, o conhecimento dos usuários acerca de outras ferramentas educacionais para o ensino da fotogrametria digital, pontos positivos e negativos observados durante a utilização da plataforma E-Foto, bem como suas sugestões de melhorias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos são apresentados seguindo as etapas metodológicas descritas anteriormente. Inicialmente são apresentados os resultados da análise quantitativa, seguido da

análise do objetivo educacional e documentação e, por fim, os resultados da análise qualitativa.

3.1 Teste de Usabilidade

O resultado Global do SUS (BROOKE, 1986) encontrado para o teste de usabilidade para o *software* E-Foto foi equivalente a 56,61. O resultado individual (por usuário) e global está apresentado na Figura 3.

De acordo com a escala de classificação proposta por Bangor, Kortum & Miller (2009), para a pontuação do SUS, o resultado global obtido é considerado aceitável (“Ok”), uma vez que o valor encontrado se enquadra no intervalo entre 50 a 70 (Figura 4).

Sauro (2011) relata que a pontuação SUS média é de 68 pontos, enquanto Bangor, Kortum & Miller (2009) apontam que a média de seus estudos utilizando o SUS tem se apresentado em torno de 70 pontos. Assim, a escala SUS da presente pesquisa (56,61), referente ao índice de usabilidade do *software* E-Foto, encontra-se abaixo da média, se considerado a média dos

valores obtidos em outros estudos, com as mais variadas aplicações.

Para Nielsen (2003), usabilidade é um atributo de qualidade que avalia a facilidade de uso de uma interface, sendo definida por cinco componentes: Capacidade de aprendizagem; Eficiência; Memorização; Erros; Satisfação. Essas cinco componentes puderam ser avaliadas nas respostas obtidas e discutidas na sequência.

As respostas obtidas por meio do questionário baseado no método SUS são apresentadas na Tabela 2. A primeira questão (Q1), que avalia a frequência de uso do E-Foto, indicou que a maioria dos usuários gostaria de continuar a utilizar a plataforma E-Foto nas aulas de Fotogrametria Digital, 57,1% dos alunos concordam totalmente e 35,7% concordam parcialmente. Apenas uma pessoa (7,1%) discorda parcialmente em continuar a utilizar a plataforma. Essas respostas transpassam resultados positivos quanto à aceitação do *software* como um recurso metodológico de ensino.

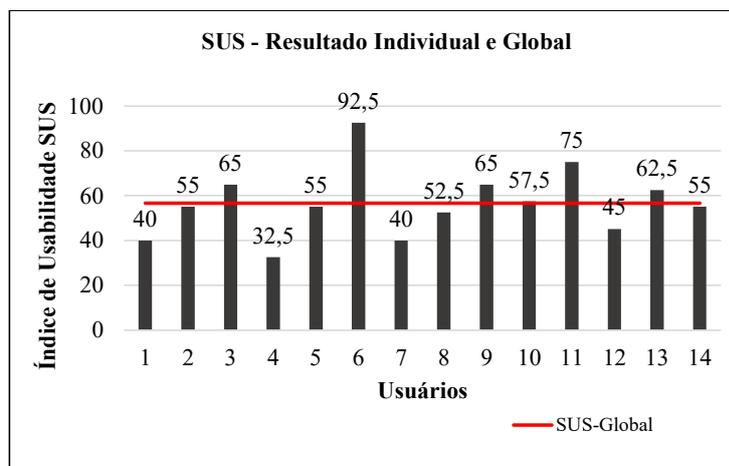


Fig. 3 - Resultados Individuais e resultado Global do índice de usabilidade pelo método System Usability Scale (SUS), para o software E-Foto.

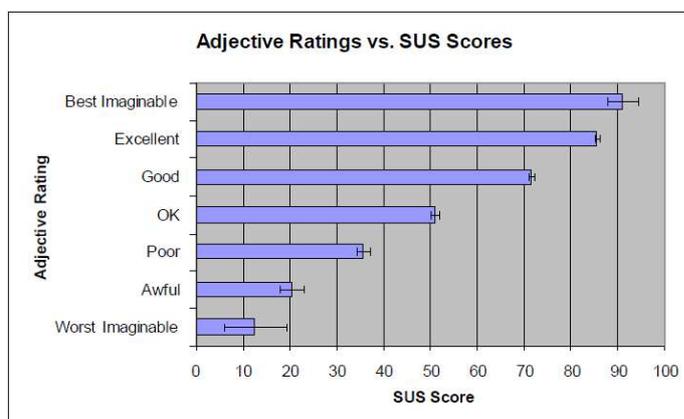


Fig. 4 - Escala de classificação do método SUS. Fonte: Bangor, Kortum & Miller (2009).

Em relação à questão dois (Q2), que avalia a complexidade da plataforma E-Foto, os resultados demonstraram opiniões diversas entre os usuários, em que, 35,7% concordaram parcialmente com a complexidade do *software*, 28,6% discordaram parcialmente, e 21,4% foram indiferentes. Tais variações podem estar associadas às facilidades/dificuldades pessoais encontradas no decorrer de sua utilização. Além disso, a complexidade de um aplicativo ou *software* está relacionada ao domínio de outras tecnologias, como é o caso da utilização de computadores e ferramentas computacionais. Isto é, indivíduos com maior domínio tecnológico, tenderão a ver a plataforma E-Foto com maior facilidade. Da mesma forma que o grau de conhecimento teórico e a maturidade dos conceitos relacionados à fotogrametria, permitirá que o aluno desenvolva as tarefas com

mais rapidez e facilidade, influenciando a sua percepção quanto à complexidade.

Nesse sentido, quando indagados sobre a facilidade de uso (Q3), divergindo com a questão anterior, houve quase unanimidade quanto à concordância de sua facilidade de utilização. Entre os que concordaram parcialmente (64,3%) ou totalmente (28,6%) somou-se aproximadamente 93%. Apenas uma pessoa discordou parcialmente sobre sua facilidade de uso.

Apesar de ser uma plataforma de fácil utilização, ainda assim, 71,4% e 14,3% dos usuários concordaram parcial e totalmente, respectivamente, sobre a necessidade de auxílio de uma pessoa com conhecimentos técnicos para a utilização da plataforma E-Foto (Q4). Os demais usuários mostraram-se indiferentes (7,1%) e discordaram totalmente (7,1%) quanto a necessidade de auxílio.

Tabela 2: Respostas obtidas na aplicação do questionário baseado no método SUS.

Questões *	Discordo	Discordo	Indiferent	Concordo	Concordo
	Totalmente	Parcialmente	e	Parcialmente	Totalmente
	%	%	%	%	%
Q1	0	7,1	0	35,7	57,1
Q2	7,1	28,6	21,4	35,7	7,1
Q3	0	7,1	0	64,3	28,6
Q4	7,1	0	7,1	71,4	14,3
Q5	7,1	7,1	14,3	50	21,4
Q6	7,1	7,1	0	64,3	21,4
Q7	14,3	0	7,1	42,9	35,7
Q8	14,3	50	7,1	28,6	0
Q9	0	14,3	21,4	57,1	7,1
Q10	0	21,4	0	57,1	21,4

* Q1: Você gostaria de continuar a utilizar a plataforma E-Foto nas aulas de fotogrametria digital?; Q2:A plataforma E-Foto é desnecessariamente complexa?; Q3: A plataforma E-Foto é de fácil utilização?; Q4: A plataforma E-Foto exige o auxílio de uma pessoa com conhecimentos técnicos para sua utilização?; Q5: As várias funções da plataforma E-Foto estão bem integradas?; Q6: A plataforma E-Foto apresenta inconsistências?; Q7: É possível aprender a utilizar a plataforma E-Foto rapidamente?; Q8: A utilização da plataforma E-Foto é complicada?; Q9:Você se sentiu confiante ao utilizar a plataforma E-Foto?; Q10: A plataforma E-Foto exige muitos conhecimentos prévios para sua utilização?

Sobre a integração das funções do E-Foto (Q5), metade dos usuários concordam parcialmente com a integração efetiva das funções, 21,4% concordam totalmente e outros 14,3% mostraram-se indiferentes quanto a isso. Os

demais discordaram totalmente e parcialmente. Acredita-se que os que discordaram, parcial ou totalmente, e os que se mantiveram indiferentes quanto à integração das funções, tenham respondido desta forma devido às dificuldades

encontradas durante a execução de funções, e/ou por não conseguirem acompanhar todas as tarefas.

Essa afirmativa está também relacionada à questão seis (Q6) em que, 64,3% dos usuários concordaram parcialmente e 21,4% concordaram totalmente com a existência de inconsistência (erros) na plataforma E-Foto. Apenas aproximadamente 14% dos usuários acreditam não haver inconsistência. A presença de erros em *softwares*, principalmente os que não permitem encontrar soluções lógicas e rápidas, pode gerar desconforto aos usuários ao efetuarem as tarefas, que por vezes, deixam de utilizá-lo.

Na questão sete (Q7), que questiona a possibilidade de aprendizagem rápida da plataforma E-Foto, a soma dos participantes que responderam que concordam totalmente e parcialmente equivaleu a aproximadamente 79%. Esse resultado demonstrou que, mesmo com o curto período de contato da turma com o *software* (15 horas aula), foi suficiente para o seu aprendizado. Além disso, tal resultado pode estar relacionado à percepção dos usuários quanto a questão Q8.

Quando questionados se a utilização da plataforma E-Foto é complicada (Q8), metade dos usuários (50%) discordaram parcialmente e 14,3% discordaram totalmente que a utilização seja complicada. Mesmo sendo uma proporção considerável que discorda, 28,6% dos usuários acreditam que a utilização seja complicada. Dessa forma, é possível afirmar, parcialmente, que a plataforma E-Foto permite rápida aprendizagem por não ser complicada. Essa afirmação é parcial, pois outros fatores podem ter influenciado os usuários a considerarem a plataforma de aprendizagem rápida.

Na questão nove (Q9), que avalia a segurança e confiança para usar a plataforma, a maioria dos usuários mostraram-se otimistas ao fazer o uso da plataforma, pois aproximadamente 64% dos usuários concordaram parcial ou totalmente, 21,4% mostram-se indiferentes e 14,3% discordaram parcialmente. Esses resultados demonstram que mesmo havendo predominância quanto à confiança na utilização do *software*, os usuários que se mostraram indiferentes podem não ter atingido o nível de confiança, mas também não sentiram desconfiança, estando, portanto, em um estágio de neutralidade. Esta condição pode estar relacionada tanto à falta de conhecimentos técnicos e teóricos, ou devido à falta de interesse do aluno (HERPICH *et al.*, 2016).

Por fim, a questão dez (Q10), que se refere à necessidade de conhecimentos prévios para a utilização da plataforma E-Foto, houve predominância ao concordar parcial (57,1%) e totalmente (21,4%) com a necessidade de muitos conhecimentos prévios para sua utilização. Apenas 21,4% acreditam que o *software* não exige tais conhecimentos. Deve-se salientar sobre isso, que cada indivíduo, dentro de suas peculiaridades possui mais ou menos dificuldades e ou conhecimentos acerca de determinado assunto, e que, portanto, isso definirá a necessidade por conhecimentos prévios.

3.2 Objetivo educacional e documentação

Na avaliação dos usuários, os quesitos objetivo educacional e documentação são cumpridos pela plataforma E-Foto. As respostas apresentadas na Tabela 3 demonstram que os usuários, entre os que concordam total ou parcialmente, foram unânimes.

Tabela 3: Respostas às questões que visaram avaliar o objetivo educacional e a documentação do E-Foto

Questões	Discordo Totalmente	Discordo Parcialment e	Indiferente	Concordo Parcialment e	Concordo Totalment e
	%	%	%	%	%
A plataforma E-Foto atende aos objetivos de ensino propostos?	0	0	0	71,4	28,6
A plataforma E-Foto possui documentação consistente (manuais, tutoriais, etc.), que possibilita e facilita sua utilização?	0	0	0	85,7	14,3

Tais resultados são positivos considerando-se que em qualquer âmbito, esses dois fatores analisados são fundamentais para a execução do que o *software* se propõe. Isto é, além de atender aos objetivos de ensino, possui registros que permitem a sua utilização facilitada (manual, tutorial e *website*). Sobre esse último, Nielsen (1995) destaca que todo sistema deve fornecer um manual de ajuda e, que as informações contidas neste, devem ser fáceis de pesquisar, centradas na tarefa do usuário, com passos concretos a serem realizados e, principalmente, não demasiadamente extensos.

3.3 Análise qualitativa

A análise qualitativa permitiu avaliar o conhecimento dos usuários acerca de outros recursos educacionais para o ensino da fotogrametria digital similares ao E-Foto, os pontos positivos e negativos observados durante a utilização da plataforma E-Foto, bem como suas sugestões de melhorias.

Quanto ao conhecimento de outras formas similares para o ensino da fotogrametria digital, houve unanimidade nas respostas. Os usuários afirmaram não conhecer outros recursos didáticos, com o mesmo objetivo do E-Foto. Assim, apesar da existência de outros recursos, o desconhecimento dos usuários fez com que essa resposta fosse obtida.

Os principais pontos positivos indicados pelos alunos, e que foram observados durante a utilização do *software* E-Foto foram: a) *software* livre e gratuito; b) ferramentas de processamento intuitivas e práticas; c) atende ao objetivo educacional; d) facilidade de utilização e manuseio; e) interface gráfica simples; f) rapidez na execução das funções; g) fácil aprendizagem, e; h) não exige muitos conhecimentos prévios para sua utilização.

Como pontos negativos foram citados: a) problemas de funcionamento (*bugs*); b) erros na execução de tarefas; c) limitação de algumas ferramentas, que dificultam certas atividades; d) inexistência de funções que permitem desfazer comandos e excluir imagens e pontos de controle. Outros pontos negativos foram listados por Ribeiro *et al.* (2014), que destacaram o fato do E-Foto possuir êxito apenas com imagens aéreas tomadas por câmeras fotogramétricas calibradas

e a impossibilidade de geração automática de pontos.

As sugestões de melhorias foram baseadas nos pontos negativos observados pelos alunos. Os quais sugeriram melhorias no código do *software*, de modo que o mesmo apresente avanços quanto aos travamentos e erros; disponibilizar funções como excluir (deletar) imagens e pontos de controle; disponibilizar as funções refazer e desfazer; facilitar a manipulação dos pares de imagens estereoscópicas e pontos de controle.

As respostas referentes aos pontos positivos, negativos e sugestões, não apresentaram grandes divergências de opiniões e os apontamentos realizados obedeceram às dificuldades e facilidades encontradas durante a execução do *software* em sala de aula. Sendo assim, para melhor utilização do E-Foto sugere-se à equipe de desenvolvimento do mesmo, a correção dos erros detectados, bem como a implementação das sugestões indicadas.

4. CONCLUSÃO

A realização deste estudo possibilitou a análise da usabilidade do *software* E-Foto e sua qualificação quanto à experiência e satisfação de sua utilização, concluindo-se que:

- A escala global de usabilidade pelo método SUS está dentro do aceitável, porém apresenta-se abaixo da média quando comparado a outros trabalhos.
- Mesmo sendo considerado um *software* desnecessariamente complexo em alguns casos, as opiniões predominaram sobre sua facilidade de utilização. Ainda assim, os usuários julgam necessário o auxílio de uma pessoa com conhecimentos técnicos para utilização.
- As funcionalidades do *software* foram consideradas bem integradas e fáceis, permitindo seu rápido aprendizado. Contudo, os usuários acreditam que o mesmo exige muitos conhecimentos prévios para sua execução, além de apresentar algumas inconsistências e erros.
- O E-Foto atinge aos objetivos propostos de ensino, possui documentos que auxiliam a este propósito, e os usuários sentem-se confiantes ao utilizá-lo. Desse modo, os mesmos acreditam que o *software* deve continuar sendo utilizado na disciplina de Fotogrametria Digital do curso em questão.

- Na análise qualitativa, não houve sugestões de outros recursos educacionais que pudessem vir a auxiliar no aprendizado da fotogrametria digital. Sugestões de melhorias foram indicadas, sobretudo baseadas nos pontos negativos observados na utilização do *software*.

Vale destacar, por fim, que os resultados encontrados por essa pesquisa são referentes a um estudo de caso e, portanto, não podem ser generalizados a outros *softwares* e/ou públicos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo aporte financeiro viabilizado por meio de concessão de bolsa de pós-graduação, aos dois primeiros autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREVALO VERA, B.; BAYONA IBANEZ, E.; RINCON PARADA, I. K. Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital. *Tecnura*, Bogotá, v. 19, p. 113-120, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a09>.

ASPRS – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. **Digital Photogrammetry - An Addendum to the Manual of Photogrammetry**. Bethesda, MA, United States, 1997. 260 p.

BALENOVIĆ, I.; SELETKOVIĆ, A.; PERNAR, R.; MARJANOVIĆ, H.; VULETIĆ, D.; PALADINIĆ, E.; KOLIĆ, J.; BENKO, M. Digital Photogrammetry – State of the Art and Potential for Application in Forest Management in Croatia. **South-east European Forestry**, v. 2, n. 2, p. 81-93. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seeefor.11-09>

BALENOVIĆ, I.; SELETKOVIĆ, A.; PERNAR, R.; JAZBEC, A. Estimation of the mean tree height of forest stands by photogrammetric measurement using digital aerial images of high spatial resolution. **Annals of Forest Research**, v. 58, n. 1, p. 125-143, 2015. DOI: 10.15287/afr.2015.300

BALLESTER, A. M. C. Práctica y usos de la fotogrametría digital en arqueología. **DAMA - Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico**. 2016, n. 1, p. 139-157. DOI:

10.14198/dama.2016.1.10

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. **Journal of Usability Studies**, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009. Disponível em: <http://uxpajournal.org/wp-content/uploads/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf>. Acesso: 26 junho 2016.

BERNARDO FILHO, O.; BRITO, J. L. N. S.; BADOLATO, I. S.; RIBEIRO, J. A.; MOTA, G. L. A.; LIMA, R. D. A estação fotogramétrica digital educacional livre E-Foto: Considerações sobre o desenvolvimento evolutivo e metas futuras. In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva, SBC, Rio de Janeiro – RJ, 2017. **Anais**. p. 586-590, 2017. Disponível em: < www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/417/CT04-51_1506436658.pdf>. Acesso: 15 janeiro 2018.

BOUCINHA, R. M.; TAROUÇO, L. M. R. Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability Scale. **RENOTE**. v. 11, n. 3, p. 10, 2013.

BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, A. L. M. (Ed.). **Usability evaluation in industry**. [S.l.]: London: Taylor & Francis, 1996. p. 189–194.

CARNEIRO, N. C.; CARNEIRO, G. F.; DEVAUX, M.; BRITO, J. L. N. e S. Teste de módulo de restituição fotogramétrica digital educacional E-foto. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2008. **Anais**. p. 00-00, 2008. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/sens_foto/120.pdf>. Acesso: 20 junho 2016.

COELHO FILHO, L. C. T. **Projeto E-FOTO: Uma Estação Fotogramétrica Educacional**. 2002. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia. 2002.

COELHO FILHO, L. C. T.; BRITO, J. L. N. e S. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro, EDUERJ, 2007. 196 p.

EISENBEISS, H. UAV Photogrammetry. PHD Dissertation, Institute of Geodesy and

- Photogrammetry, ETH Zurich, Switzerland, Mitteilungen. n. 105, 2009, 235 p.
- GALO, M.; TOZZI, C. L. A. Fotogrametria Digital e a Automação dos Processos Fotogramétricos. In: Seminário: Impacto das Novas Tecnologias na Engenharia Cartográfica, Presidente Prudente – SP. **Anais**. p. 70-75, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1274.4>
- GISGEOGRAPHY. 13 **Open Source Remote Sensing Software Packages** (2018). Disponível em: < <http://gisgeography.com/open-source-remote-sensing-software-packages/>>. Acesso: 15 janeiro 2018.
- HERPICH, F.; NUNES, F. B.; VOSS, G. B. MEDINA, R. D. **Three-Dimensional Virtual Environment and NPC: A Perspective about Intelligent Agents Ubiquitous**. In: NETO, F. M.; SOUZA, R.; GOMES, A. S. (Ed). Handbook of Research on 3-D Virtual Environments and Hypermedia for Ubiquitous Learning. Hershey-PA, IGI Global Journals, 2016. p. 510- 536.
- ISPRS – International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. **CATCON award**, 2012. Disponível em: <<http://www.isprs.org/catcon/catcon6.aspx>>. Acesso: 30 junho 2016.
- ISPRS – International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. **CATCON award**, 2016. Disponível em: <<http://www.isprs.org/catcon/catcon7.aspx>>. Acesso: 30 junho 2016.
- KRAUS, K. **Photogrammetry: Fundamentals and Standard Processes**. Dümmlerbuch, Vienna, 2000, v. 1. 398 p.
- LARANJA, R. M.; CORREA, N. C. da S.; BRITO, J. L. N. S. Mapeamento fotogramétrico digital: um estudo comparativo da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha nos ambientes E-Foto e LPS. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2012. **Anais**. p. 001-007, 2012. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos_Artigos/009_4.pdf>. Acesso: 15 agosto 2016.
- LEBERL, F. The promise of softcopy photogrammetry. In: EBNER, H.; FRITSCH, D.; HEIPKE, C. (Eds) **Digital Photogrammetric Systems**. Herbert Wichmann Verlag GmbH: Karlsruhe, p. 3-14, 1991.
- LENGRUBER, N. V.; BAHIA, J. G.; BARBOSA, L. G.; MOFFATI, M. S. Avaliação da qualidade das medições realizadas no módulo Estereoploter da versão integrada do software livre E-Foto. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2012. **Anais**. p. 001-010, 2012 Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SReFOTO/141_4.pdf>. Acesso: 15 agosto 2016.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**. v. 22, n. 140, 55 p. 1932.
- MILLER, D. R.; QUINE, C. P.; HADLEY, W. An investigation of the potential of digital photogrammetry to provide measurements of forest characteristics and abiotic damage. **Forest Ecology and Management**. v. 135, p. 279-288, 2000. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00286-3
- MOTA, G. L. A.; BRITO, J. L. N. E S. **Projeto Tomógrafo: Cálculo do Volume de Nódulos Pulmonares a Partir de Imagens de um Tomógrafo Helicoidal**. Projeto de Fixação de Pesquisador FAPERJ. Rio de Janeiro - RJ. 2005.
- MOTA, G. L. A.; SANTOS, N. dos.; BRITO, J. L. e S.; RIBEIRO, J. A.; BERNARDO FILHO, O.; SANTOS, E. M.; BORBA, R. L. R.; FONSECA, R. J. M. A Estação Fotogramétrica Digital educacional livre E-FOTO e seu impacto na formação de recursos humanos. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009. **Anais**. p. 2459-2466, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.53.41/doc/2459-2466.pdf>>. Acesso: 10 junho 2016.
- MOTA, G. L.A.; BRITO, J. L. N e S.; RIBEIRO, J. A.; BERNARDO FILHO, O.; SILVEIRA, M. T.; AGUIAR, R. A.; BADOLATO, I. da S.; COSTA, S. L.; REOLON, P. F. The E-Foto Project and the Research to Implement a GNU/GPL Open source Educational Digital Photogrammetric Workstation. In: BOCHER, E.; MARTIN, J. (Org). **Geospatial Free and Open Source Software in the 21st Century**. Berlin: Springer, 2012, cap. 6, p. 89-106.
- NIELSEN, J. **Ten Usability Heuristics**. 1995. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Acesso: 26 junho 2016.

- NIELSEN, J. **Usability 101: Introduction to usability**. 2003. Disponível em: <<http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>>. Acesso: 26 junho 2016.
- RIBEIRO, J. A.; PIERROT-DESEILLIGNY, M.; BRITO, J. L. N.S.; FILHO, O. B.; MOTA, G. L. A. E-Foto and MicMac: synergetic benefits of integrating open-source digital photogrammetry software. In: Third open source geospatial research & education symposium (ogrs), Espoo, Finland, 2014. **Anais**. p. 47-53, 2014.
- SAURO, J. **Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS)**. 2011. Disponível em: <<http://www.measuringusability.com/sus.php>>. Acesso: 10 maio 2016.
- SILVA, D. C. Evolution of Photogrammetry in Brazil. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 64 (6), p. 749-765, 2012.
- TEMBA, P. **Fundamentos de Fotogrametria**. Departamento de Cartografia- UFMG, 2000, p.4.
- TOMMASELLI, A. M. G.; SILVA, J. F. C. da; HASEGAWA, J. K.; GALO, M.; DAL POZ, A. P. Fotogrametria: Aplicações a Curta Distância. In: MENEGUETTE JR. M; ALVES, N. (Org.). **FCT 40 Anos - Perfil Científico Educacional**. Presidente Prudente: UNESP, 1999, v. 1, p. 147-159.
- TOMMASELLI, A. M. G.; HASEGAWA, J. K.; GALO, M.; IMAI, N. N.; RUY, R. da S. Sensoriamento remoto aerotransportado: uma abordagem usando câmaras digitais. In: SANTIL, F. L. de P.; SILVEIRA, H.; SOUZA, M. L. de; SANTOS, F. R. dos. (Org.). **Recursos tecnológicos aplicados à Cartografia**. Maringá: Sthampa Gráfica e Editora, 2010, v. 1, p. 81-116.
- TULLIS, T. S.; STETSON, J. N. **A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability**. 2004. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.39677&rep=rep1type=pdf>>. Acesso: 18 de Agosto 2016.
- VIDAL, M. S; SANZ, J. O; DOCAMPO, M, G. Implementación del levantamiento eficiente de fachadas mediante fotogrametria digital automatizada y el uso de software gratuito. **Informes de la construcción**. v 67, n 539, 2015.
- ZHANG, C; YAO, W. The comparisons of 3D analysis between photogrammetry and computer vision. In: **The International Archives Of the Photogrametry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XXXVII, Part B3b, p33-36, 2008.