

Georreferenciamento e Planejamento Ambiental do Campus Quinta do Paraíso, Teresópolis, RJ

Georeferencing and Environmental Planning of Quinta do Paraíso Campus, Teresópolis, RJ

José Roberto de Castro Andrade¹, Guilherme Augusto Veiga Pires², Rafael Soares³, Lucas de Andrade⁴

¹Professor do CCT; Assessor do Núcleo de Inovação e Tecnologia, DPPE, UNIFESO, ²Bacharel em Ciência da Computação, UNIFESO, ³Graduando em Engenharia Ambiental, UNIFESO, ⁴Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ; Professor do CCT, UNIFESO

Resumo

O objetivo deste projeto é desenvolver uma ferramenta auxiliar para planejamento ambiental do Campus Quinta do Paraíso localizado em Teresópolis, RJ, através do georreferenciamento, modelagem gráfica, e identificação de edificações, nascentes, canais de drenagem, e áreas de recomposição da vegetação. Em paralelo, foi desenvolvido um aplicativo para cadastro de espécies arbóreas utilizando dispositivos móveis.

Abstract

The objective of this project is to provide an auxiliary tool for environmental planning of Quinta do Paraíso Campus located in Teresópolis, RJ, through a georeferenced mapping, graphic modeling and registration of buildings, spring areas, drainage channels and areas of vegetation recovery. In parallel, it was developed a mobile application for registration in field of plants and tree species.

INTRODUÇÃO

Atualmente tanto as áreas relacionadas ao Geoprocessamento quanto a Computação Gráfica, incluindo nesse contexto a criação de maquetes virtuais e modelagem gráfica de Campi de Instituições de Ensino, criadas a partir de dados inseridos em SIG, vêm ganhando cada vez mais espaço em pesquisa e desenvolvimento na área acadêmica (TSILIAKOU, LABROPOULOS e DIMOPOULOU, 2013; SINGH, JAIN e MANDLA, 2014; STOCKING, 2014). Em 2013 foi desenvolvido um projeto de implantação de um Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Laboratório de Projetos e Prototipagem do Centro Universitário Serra dos Órgãos (LPP-UNIFESO), com o objetivo

proporcionar o apoio e subsídio a Órgãos Públicos municipais e Instituições de Ensino no que se refere a informações georreferenciadas e mapeamento cartográfico (ANDRADE e DORNELES, 2013).

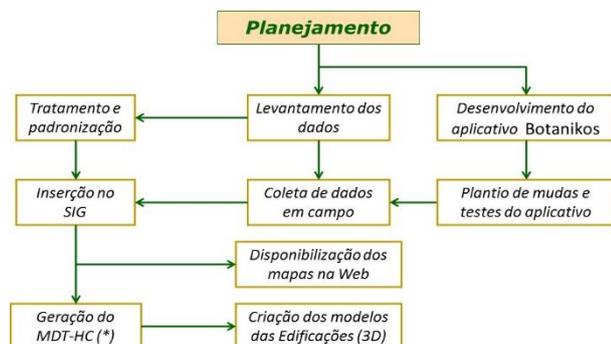
Desse modo, para dar continuidade à proposta de utilização dessas ferramentas como instrumento de gestão, foi elaborado o projeto para o uso de SIG e maquetes virtuais com o objetivo de disponibilizar um instrumento auxiliar para mapeamento e planejamento ambiental do Campus Quinta do Paraíso dessa Instituição, através de um levantamento georreferenciado incluindo o cadastro de edificações, mapeamento de trilhas,

identificação de nascentes, canais de drenagem, áreas propícias à recomposição da vegetação, dentre outras. Em área definida a partir dos dados obtidos, foi definido um local para implantação de um projeto piloto de recuperação da vegetação, com o plantio de mudas de espécies arbóreas. Em paralelo, para facilitar o cadastro em campo e manutenção da base de dados das espécies arbóreas e mudas inseridas no local, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis. Em relação à modelagem gráfica e representação dos dados coletados em uma maquete virtual 3D interativa da área mapeada, foi feita a modelagem de algumas edificações do Campus, inseridas na maquete juntamente com as representações de arruamentos e pontos de referência.

METODOLOGIA

A Figura 1 representa o esquema da metodologia utilizada indicando as etapas de desenvolvimento do projeto de acordo com o planejamento adotado. Na figura podem ser identificadas as etapas de levantamento e coleta de dados, seu tratamento e padronização, criação do SIG e inserção dos dados no Sistema, geração do Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistente (MDT-HC), geração da Maquete Virtual em 3D, disponibilização dos dados na Web para acesso via internet, e desenvolvimento em paralelo do aplicativo Botanikos para cadastro das espécies e mudas plantadas na área do projeto piloto de recuperação da vegetação local.

Figura 1: Esquema do desenvolvimento.



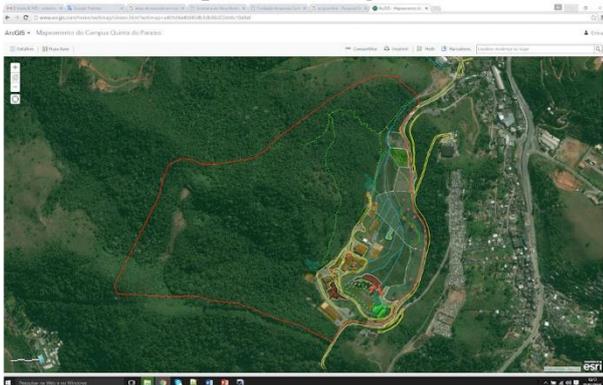
(*) MDT-HC > Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistente.

Cronologicamente, a metodologia pode ser resumida nas seguintes etapas:

1. Utilização do GPS e definição da estratégia de coleta de dados em campo.
2. Desenvolvimento de aplicativo para o cadastro e acesso a informações de espécies arbóreas existentes e inclusão de novas mudas na área do Campus.
3. Coleta os dados e georreferenciamento das áreas. Espécies arbóreas existentes e mudas plantadas foram identificadas e georreferenciadas nessa etapa.
4. Processamento dos dados e criação da base de dados em SIG, com geração do mapeamento e do Modelo Digital do Terreno Hidrologicamente Consistente (MDT-HC) para a criação da maquete virtual do local.
5. Consolidação dos dados e criação da maquete virtual 3D interativa da área do Campus.

Para a implementação do projeto foi necessário realizar o levantamento prévio dos dados disponíveis na Instituição, incluindo-se dados provenientes de levantamentos topográficos anteriores, arquivos das edificações existentes, e demarcações originais do local. Tais informações foram obtidas junto ao Setor de Patrimônio do UNIFESO. Esse tipo de informação, juntamente com os dados coletados em campo, foi utilizado para a geração do mapeamento e do MDT-HC. A Figura 2 indica a área do Campus e sua localização, identificada a partir do mapeamento realizado.

Figura 2: Área do Campus com os dados coletados sobrepostos à imagem de satélite.



Para a coleta de dados em campo foi utilizado o GPS Garmin Oregon 550, dois smartphones (WindowsPhone) com o Sistema Operacional Windows 8.1 instalado, e dois aparelhos com o Sistema Android. As informações foram processadas utilizando o software ArcGIS 10.3, além de softwares auxiliares QuantumGIS e Google Earth Pro. O Sistema de Referência adotado foi o SIRGAS 2000, e projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), tendo como Meridiano Central 50° W (Fuso 23) no hemisfério Sul. Para a disponibilização dos resultados do mapeamento na Web foi utilizado o ArcGIS Online (ESRI, 2016). Em relação à geração do Modelo Digital, foi utilizado como ferramenta o software ESRI City Engine (ESRI, 2015). O aplicativo para dispositivos móveis foi desenvolvido para a versão 8.1 do Windows, em linguagem C# e utilizando a base de dados SQLite. Scripts auxiliares para a transferência de dados entre o Botanikos e o SIG foram escritos em linguagem Python.

Com base no mapeamento realizado foi identificada uma área propícia à implantação de um projeto piloto para o plantio de espécies arbóreas visando a recuperação da vegetação no local e testes do aplicativo desenvolvido. Foram plantadas até janeiro de 2016, 30 mudas de espécies diversas, tendo sido feito o seu georreferenciamento e acompanhamento de crescimento utilizando-se o aplicativo Botanikos e uma planilha Excel. A área demarcada e o georreferenciamento das mudas em questão estão indicados na Figura 3. Os pontos representados em amarelo na imagem em destaque indicam o

posicionamento das mudas transplantadas. O ponto em vermelho representa a única muda que não sobreviveu (*Tibouchina grandifolia* #001) conforme detalhamento a seguir, no item dos Resultados obtidos.

Figura 3: Área selecionada para o plantio de mudas de espécies arbóreas e testes do aplicativo Botanikos.



O contorno da área do Campus está indicado em vermelho.

Em paralelo à coleta de dados, foi feita a gravação de imagens fotográficas e vídeos para serem utilizados como referência. Foram registradas algumas imagens panorâmicas em 360 graus utilizando as técnicas de PhotoSpheres, em um dispositivo móvel Android. A técnica consiste na coleta de imagens de forma sequencial cobrindo uma área que permite a projeção em uma semiesfera, como indicado na Figura 4.

Figura 4: Técnica de PhotoSpheres utilizada para obtenção de fotos panorâmicas 3D.



a) Quatro vistas da representação esquemática do posicionamento da câmera para a coleta de imagens e geração da panorâmica projetada em uma semi-esfera (vista superior, direita, em perspectiva, e esquerda, respectivamente considerando-se o sentido horário). b) Duas fotos do Campus projetadas em um plano, obtidas utilizando a técnica de PhotoSpheres.

Além das fotos, foi feito um vídeo em um sobrevoo experimental de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) sobre a área do Campus, utilizando um equipamento disponibilizado pelo ICMBio / PARNASO (Figura 5).

Algumas bases vetoriais relacionadas ao mapeamento foram obtidas diretamente do site do IBGE (IBGE, 2013), durante a implantação do SIG no LPP-UNIFESO. Além desses dados, foram utilizados mapeamentos realizados por Órgãos Públicos municipais e estaduais durante a elaboração do Plano Diretor da cidade de Teresópolis em 2006, que incluem a região do Campus. Imagens e fotografias de satélites disponíveis gratuitamente na internet também foram utilizadas.

Figura 5: Sobrevoos experimentais do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).



a) Equipamento disponibilizado pelo ICMBio / PARNASO para o voo. b) Imagem aérea obtida pela câmera instalada no VANT.

DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO BOTANIKOS

O aplicativo Botanikos foi desenvolvido para auxiliar o trabalho em campo de cadastro de espécies arbóreas e mudas transplantadas com o objetivo de recuperação da vegetação nas áreas do Campus.

A interface amigável do aplicativo conta com as seguintes funcionalidades:

- Inserção de novas bases de dados.
- Inclusão de novas espécies em uma base de dados selecionada.
- Inclusão de novas mudas de uma determinada espécie.
- Edição de dados.
- Inclusão e consulta de fotos datadas.
- Inclusão e edição da data de Germinação e Plantio.
- Georreferenciamento das espécies transplantadas, com apresentação de suas coordenadas (latitude, longitude e altitude) e de suas localizações em um mapa interativo.

Na Figura 6 estão indicadas algumas imagens das telas do aplicativo BOTANIKOS: tela de cadastro (imagem 1), visualização em tela cheia das fotos cadastradas (imagem 2), e indicação das fotos e georreferenciamento (imagem 3).

A transferência dos dados cadastrados para o Sistema de Informações Geográficas está sendo atualmente realizada através de um script-file escrito na linguagem Python, criado para automatizar o processo enquanto não houver o sincronismo entre o Servidor de Dados onde se encontra o SIG e os aparelhos utilizados na coleta de dados (SmartPhones). O aplicativo utiliza o GPS dos próprios aparelhos (WindowsPhone) para georreferenciar as espécies transplantadas, e a transferência dos dados é feita com a geração de uma planilha no formato CSV. Atualmente está sendo feita uma análise comparativa entre os dados coletados pelos aparelhos celulares e os dados coletados pelo GPS Garmin Oregon 550, que possui maior precisão. As bases de dados do Botanikos podem ser automaticamente atualizadas com os dados coletados pelo GPS, através de outro script-file.

Figura 6: Telas do aplicativo BOTANIKOS



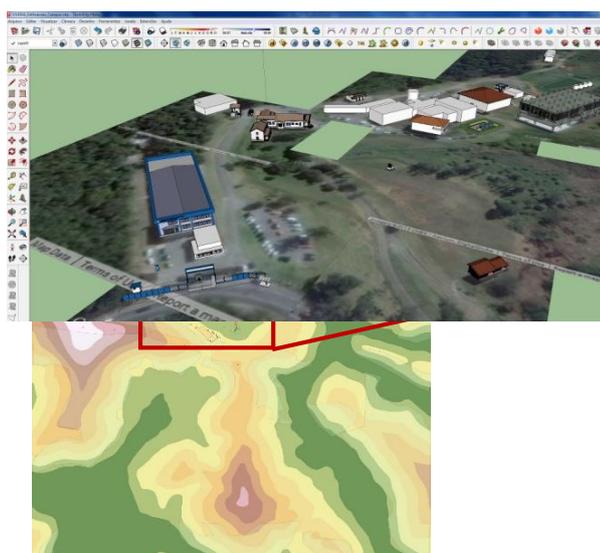
Em julho de 2015 uma versão preliminar do aplicativo para o Sistema Operacional Windows 8 foi disponibilizado para download gratuito na loja Virtual de Aplicativos do *WindowsPhone* (MICROSOFT, 2015) e em dezembro, foi submetido ao processo de Registro de Software no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2015). O pedido foi deferido em fevereiro de 2016.

GERAÇÃO DA MAQUETE VIRTUAL

Os prédios, edificações e alguns outros objetos do Campus foram modelados utilizando-se o software SketchUp Make 2015. O terreno da área de estudo considerada foi transformado em um Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistente (MDT-HC) no ArcGIS e inserido no ESRI City Engine juntamente com a imagem de satélite da área disponível no LPP-UNIFESO.

A Figura 7 representa o MDT-HC gerado onde foram sobrepostos alguns polígonos e linhas como referência para localização do Campus. Os polígonos em laranja representam o posicionamento de algumas edificações. Os menores, na cor cinza, representam o posicionamento de postes de iluminação, e as linha em vermelho, a rede de drenagem local. Na parte de cima da figura vemos a área do Campus em detalhe.

Figura 7: MDT-HC da área de Estudo com



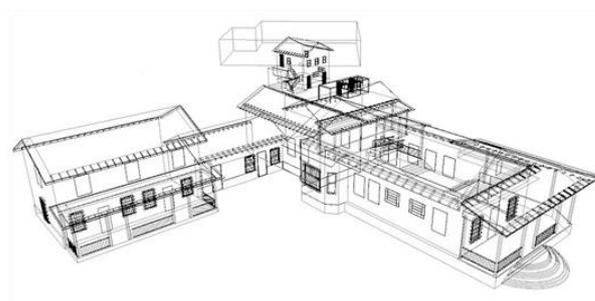
detalhes da área do Campus.

As linhas e polígonos em vermelho foram sobrepostas às imagens como referência.

As áreas mais escuras em verde representam os pontos mais baixos do terreno, e as áreas mais claras em tons avermelhados e rosa, os pontos mais elevados.

A área do Campus foi delimitada a partir de uma planta analógica fornecida pelo setor de Patrimônio da Instituição, digitalizada e ajustada em dois processos diferentes para comparação e refinamento, utilizando-se o *ArcGIS*, o *SketchUp* e imagens de satélites para georreferenciamento.

Figura 8: Modelagem (*SketchUp*).



a) modelo aramado (em wireframe) do prédio da biblioteca.



b) alguns prédios georreferenciados utilizando imagens de satélite do *Google Earth Pro* (acima), e alguns modelos das edificações (ao lado).

Alguns objetos como arruamento, vegetação, veículos, e edificações do bairro Vale do Paraíso foram inseridos através de scripts (rules) programados dentro do próprio *City Engine*. Os objetos modelados no *SketchUp* (edificações, torres de alta tensão, postes de iluminação, entre outros) foram inseridos também através de scripts, considerando-se o georreferenciamento desses objetos. Alguns exemplos dos modelos criados estão representados na Figura 7.

RESULTADOS

Entre os atributos cadastrados no Sistema, foram incluídos o perímetro definindo o contorno do Campus, as edificações do local respectivamente identificadas, o arruamento interno do Campus e vias públicas em seu

entorno, postes de iluminação, rede de drenagem, áreas de nascentes, áreas de pasto e de plantio de espécies arbóreas, trilhas, áreas de cultivo de capim para alimentação do gado, tanques de cultivo e criação de peixes, pomar, meliponário, além de outras referências do local. Na Figura 8 estão indicadas algumas áreas e objetos cadastrados (detalhe da Figura 2). Os resultados obtidos estão disponíveis para acesso através do site do ArcGis On-line (ESRI, 2016). Para acessar o mapa deve ser digitado UNIFESO no campo de Pesquisa, e selecionando o projeto em seguida.

Figura 9: Área do Campus mapeada e disponibilizada para acesso on-line.



A Figura 10 representa a Maquete Virtual da área de estudo, incluindo além do Campus, a região do bairro Vale do Paraíso e parte da região no entorno da BR 116 (Rio-Bahia).

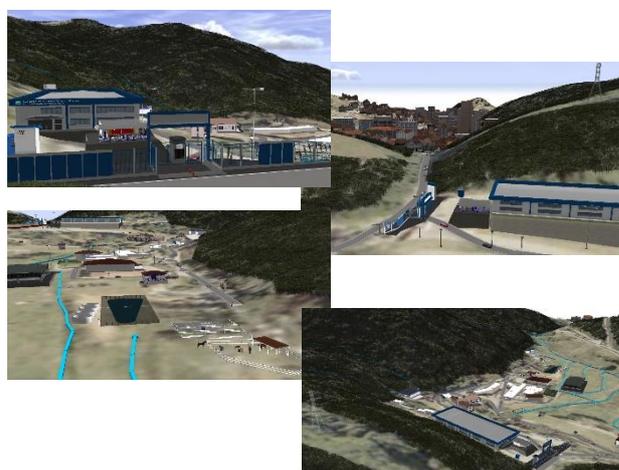
Figura 10: Área total da maquete incluindo o bairro Vale do Paraíso.



A Figura 11 indica algumas imagens da maquete em detalhes, destacando a entrada do

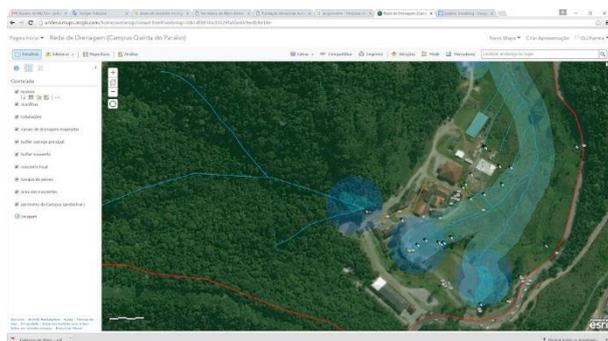
Campus, algumas edificações no bairro Vale do Paraíso e duas vistas internas do Campus. A rede de drenagem, incluindo o leito do córrego e os canais de drenagem, foi representada na cor azul. A maquete foi gerada utilizando o software *ESRI City Engine*, e pode ser exportada para acesso Web e utilização em aplicações interativas a partir de projetos desenvolvidos utilizando-se softwares para a criação de *games (game-engines)*, como a *Unity 3D* ou *CryEngine*.

Figura 11: Detalhes da Maquete destacando os objetos e edificações do local.



A Figura 12 apresenta uma visualização do mapeamento e análise mais detalhada da rede de drenagem do Campus, incluindo o leito do córrego, os canais de drenagem, as áreas de nascentes, bueiros e bocas de lobo, manilhas, tubulações, etc. Em torno do leito do córrego e canais estão indicados em um tom azulado, buffers correspondentes a distâncias de 30 metros no entorno do córrego e canais, e 50 metros (raio) em torno dos prováveis locais das nascentes. Tais valores correspondem aos indicados na legislação brasileira na definição de Áreas de Preservação Permanente (APPs) de acordo com o atual Código Florestal (BRASIL, 2012).

Figura 12: Mapeamento da Rede de Drenagem do Campus.



Na figura estão indicados os canais de drenagem das águas pluviais, áreas de nascentes, manilhas, bueiros, tubulações, entre outros.

Os locais das quatro nascentes cadastradas no Sistema foram indicados pelos funcionários do Campus e pela área administrativa da Instituição. No entanto seria interessante definir os locais dessas nascentes com maior precisão. Quando for feito o refinamento destes locais, tal mapeamento será importante para o planejamento e desenvolvimento de novos projetos, e para a definição das áreas para implantação de novas edificações no Campus. O mapa da Rede de Drenagem encontra-se disponível na Web, porém atualmente com acesso restrito ao Laboratório de Projetos e Prototipagem do UNIFESO, até que sejam feitos os levantamentos finais dos atributos envolvidos.

Em relação ao projeto piloto de recuperação da vegetação local, a Figura 12 apresenta o gráfico de crescimento das mudas transplantadas entre os meses de agosto de 2015 e janeiro de 2016. A tabela com os dados que deram origem ao gráfico foi gerada a partir do aplicativo Botânicos. No gráfico, as mudas que tiveram um crescimento acima de 50% entre a data do transplante e 30 de janeiro de 2016, estão indicadas em azul. As que tiveram crescimento entre 15 e 50% estão indicadas em verde, e abaixo de 15% em laranja. Através da análise dos dados, pode-se constatar que 60% das mudas tiveram um crescimento acima de 50%, 23% entre 15 e 50%, e apenas 17% abaixo de 50% no período da coleta dos dados.

Houve somente uma perda (*Tibouchina grandifolia* #001) indicada por uma linha tracejada em vermelho, correspondendo a uma taxa de sobrevivência de aproximadamente 97%. Dois problemas ocorreram durante a fase de coleta dos dados: Uma das Eritrinas transplantadas (*Erythrina speciosa* #001) também indicada por uma linha vermelha tracejada, foi cortada com uma roçadeira pelo responsável pela limpeza da área em novembro de 2015, mas recuperou-se, como pode ser observado no gráfico. Outro problema observado foi a quebra de parte do caule da *Bahunia variegata* #002, (também representada por linha vermelha tracejada na Figura 12) atingida pela queda de parte de uma árvore próxima. Outro fato a se destacar no gráfico é a diferença entre o crescimento das duas Paineiras (*Ceiba speciosa* #001 e *Ceiba speciosa* #002) representadas por linhas pontilhadas. A transplantada em uma área alagada próxima à nascente (*Ceiba speciosa* #001) teve uma taxa de crescimento de aproximadamente 34%, inferior à transplantada em uma área mais seca e elevada (*Ceiba speciosa* #002) que cresceu cerca de 60% no período. Além disso o diâmetro de seu caule medido em 30/01/2016 foi de aproximadamente 20 mm também inferior ao da *Ceiba speciosa* #002 (36mm).

Em relação aos diâmetros dos caules, foi feito uma coleta de dados em 30/01/2016 utilizando-se um paquímetro, e considerando-se uma distância de 20 cm do solo para a medida. A Figura 13 representa o gráfico indicando a porcentagem das espécies com diâmetro inferior a 10 mm (37%), entre 10 e 20 mm (36%) e acima de 20 mm (27%). O maior valor obtido foi de 36 mm para a *Ceiba speciosa* #002.

Figura 13: Crescimento das espécies arbóreas transplantadas e cadastradas pelo Botanikos.

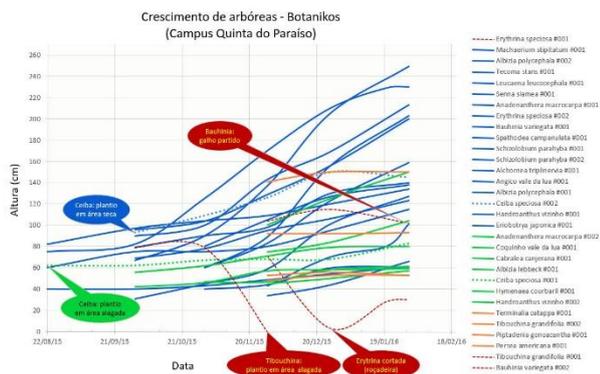
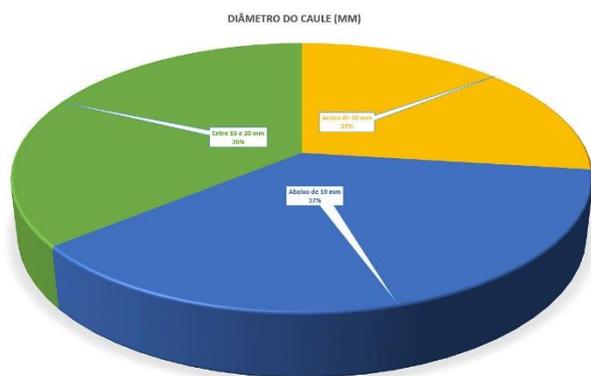


Figura 14: Categorias dos valores medidos dos diâmetros dos caules das espécies transplantadas.



Dados coletados em 30/01/2016.

Com o cruzamento entre as informações obtidas utilizando-se o Botanikos e os dados inseridos no SIG, futuramente poderá ser feita uma análise comparativa mais detalhada entre o crescimento das mudas transplantadas em regiões mais alagadas próximas a áreas de nascentes, com as transplantadas em áreas mais secas e elevadas.

CONCLUSÃO

Apesar de estar em um processo constante de alimentação dos dados no ambiente SIG, processo este que deve ter continuidade para que o Sistema possa ser realmente útil como ferramenta de gestão, o projeto atingiu seus objetivos apresentando

resultados relevantes no que se refere ao desenvolvimento de ferramentas auxiliares para o Planejamento Ambiental Sustentável do Campus. Com o levantamento realizado alguns pontos ficaram evidentes, como a necessidade da drenagem e limpeza dos canais e leito do córrego para que as águas das nascentes possam fluir de maneira satisfatória, permitindo o plantio e desenvolvimento adequado de arbóreas próximas a esses locais, preservando dessa maneira as nascentes com a formação de uma mata ciliar em seu entorno. Outro ponto a se destacar é a necessidade de se fazer um manejo adequado da área do pasto, com a recuperação de algumas áreas onde foi observado o início de processos erosivos, inclusive próximos a via pública e aos canais de drenagem.

Em relação a definição e documentação da metodologia adotada, tanto na coleta de dados em campo quanto em seu processamento, é importante salientar a possibilidade de sua aplicação em outras regiões e no desenvolvimento de novos projetos de apoio à gestão, tanto para a Instituição de Ensino quanto para o município de Teresópolis.

As próximas etapas dos trabalhos consistirão na alimentação da base com dados adicionais, análise das informações cadastradas, atualização do modelo 3D, e validação final do aplicativo Botanikos. Tais etapas, além de fundamentais para a conclusão da proposta, inserem o ambiente SIG do LPP-UNIFESO em uma linha de pesquisa de ponta relacionada à integração deste ambiente com a Computação Gráfica, abrindo novos horizontes para trabalhos e projetos futuros.

A partir da continuação do processo de digitalização das informações disponíveis na Instituição e coleta de novos dados, espera-se obter uma visualização gráfica que permita análises mais detalhadas e um planejamento de um Campus mais sustentável, levando-se em consideração os fatores envolvidos no uso da terra e de seus recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

À Diretoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão do UNIFESO por possibilitar o desenvolvimento do Projeto e aos funcionários Jorge Ferraz e Luiz Cláudio da Diretoria Administrativa da Instituição pelo fornecimento de informações e dados sobre o Campus Quinta do Paraíso.

Ao Leonardo Martins Gomes do ICMBio/PARNASO pelo fornecimento do equipamento e do VANT que possibilitou a coleta de imagens e vídeos no voo experimental realizado sobre a área do Campus.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, J. R.; DORNELES, S. S. **Implantação de um Sistema de Informações Geográficas para o Município de Teresópolis em Laboratório do UNIFESO**, PICPE-2013, UNIFESO, Teresópolis, 2013.
2. ESRI, **ESRI City Engine**, 2015. Disponível em <<http://www.esri.com/software/cityengine>>. Acesso em out-2015.
3. ESRI, **ArcGIS On-line**, 2016. Disponível em <<https://www.arcgis.com/home/>>. Acesso em jan-2016.
4. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica do Município de Teresópolis**, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: jun-2015.
5. INPI, **Instituto Nacional da Propriedade Industrial**, 2015. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/>>. Acesso em jan-2016.
6. BRASIL, **Lei 12.651**, de 25 de maio de 2012, Brasília, DF, 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em jan-2016.
7. MICROSOFT, **Loja Virtual de Aplicativos para o Windows Phone**, 2015. Disponível em <<https://www.microsoft.com/pt-br/store/apps/windows-phone>>. Acesso em jan-2016.
8. SINGH, S. P.; JAIN, K.; MANDLA, V. R. **Image based Virtual 3D Campus modeling by using CityEngine**. American Journal of Engineering Science and Technology Research, 2, January 2014. 1-10.
9. STOCKING, S. Immersed 3D Visualization of the University of Chicago Campus. **Esri International User Conference**, San Diego, CA, July 2014. Disponível em: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc14/papers/325_250.pdf>. Acesso em: janeiro 2016.
10. TSILIAKOU, E.; LABROPOULOS, T.; DIMOPOULOU, E. **Transforming 2D Cadastral Data Into a Dynamic Smart 3D Model**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Istanbul, Turkey: [s.n.]. 2013.

Contato:

José Roberto de C. Andrade
e-mail: jrobert.andrade@gmail.com