



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO WEB PARA QUANTIFICAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA

* André Luis Gobbi Primo¹

Marcelo Luis Murari¹

Luciana Rezende Alves de Oliveira¹

DEVELOPMENT OF A WEB INFORMATION SYSTEM FOR QUANTIFICATION OF URBAN ARBORIZATION

Recibido el 17 de febrero de 2021. Aceptado el 18 de agosto de 2021

Abstract

Urban green areas stand out in the ecosystem due to their ability to reduce temperature, improving thermal sensation, improving air quality, protecting the soil from erosion, improving the biodiversity of the environment. The objective of this work was the development of a software, called ARBOQuant - Web Information System for Urban Tree Delineation, with the purpose of providing tree census information, using the programming languages JAVA, HTML and CSS with the NetBeans framework and database of PostgreSQL data. The modeling of this software was performed using the UML modeling language. The software requires high definition images obtained at times when the sun provides good lighting in the region to carry out the processing correctly. Aiming to reduce the costs of obtaining images, this software can work with images obtained by means of drones equipped with high definition camera or satellites. ARBOQuant identifies the various shades of the green color of the RGB table and allows the user without in-depth computer skills to use it for a specific, direct and precise purpose. For the validation of the software, two methods were used, one in a controlled environment and the other using the city of Votuporanga/SP taken as a model for this case study. This software allows for the planning and control of afforestation, carried out significantly by providing reporting, robustness and storage of information. It helps municipalities to participate in environmental programs such as the Município Verde Azul Program - PMVA in the state of São Paulo.

Keywords: arboreal census, software ARBOQuant, Green Blue Municipality Program – PMVA, urban afforestation, environment.

¹ Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto, Campus Ribeirão Preto, SP, Brasil

* Autor correspondente: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto, Campus Ribeirão Preto, SP, Brasil. Email: andre.luis.gobbi.primo@gmail.com

Resumo

As áreas verdes urbanas destacam-se no ecossistema devido sua capacidade de diminuição da temperatura melhorando a sensação térmica, melhora a qualidade do ar, protege o solo de erosões melhorando a biodiversidade do meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um software, chamado ARBOQuant - Sistema de Informação Web para Delineamento da Arborização Urbana, com a finalidade de conceder informações do censo arbóreo, utilizando as linguagens de programação JAVA, HTML e CSS com o framework NetBeans e banco de dados PostgreSQL. A modelagem desse software foi realizada utilizando a linguagem de modelagem UML. O software necessita de imagens de alta definição obtidas em horários que o sol propicie uma boa iluminação da região para a realização do processamento de forma correta. Visando diminuir os custos com a obtenção das imagens, este software consegue trabalhar com imagens obtidas por meio de drones equipados com câmera fotográfica de alta definição ou satélites. O ARBOQuant identifica os vários tons da cor verde da tabela RGB e permite que o usuário sem conhecimentos aprofundados em informática utilize-o para um fim específico, direto e preciso. Para a validação do software, foram utilizados dois métodos, um em ambiente controlado e outro utilizando a cidade de Votuporanga/SP tomada como modelo para este estudo de caso. Esse software permite o planejamento e controle da arborização, realizados de forma significativa ao proporcionar relatório, robustez e armazenamento das informações. Auxilia os municípios a participarem de programas ambientais como o Programa Município Verde Azul - PMVA do estado de São Paulo.

Palavras chave: censo arbóreo, Software ARBOQuant, Programa Município Verde Azul – PMVA, arborização urbana, meio ambiente.

Introdução

O crescimento populacional acelerado no meio urbano aliado a transição migratória das zonas rurais para as cidades, sem qualquer tipo de gestão ambiental, excluiu a arborização adequada como necessidade para a qualidade de vida da população naquele momento histórico (Mayer, 2012).

O ambiente das cidades grandes está em regular crescimento, devido à vontade das pessoas em habitar essas áreas e pelo fato do homem não estar mais habituado a ficar longe das praticidades que o mundo urbano oferece. Em muitos sentidos, sendo os principais, moradia, locomoção, saúde e educação. No entanto, o aumento populacional das zonas urbanas, aliado à falta de planejamento adequado, têm provocado inúmeros problemas, principalmente no contexto social e ambiental (Martini, 2013).

De acordo com Ribeiro (2009) e Gonçalves *et al.* (2018), a arborização é de extrema importância para o meio urbano, por trazer inúmeros benefícios que aumentam a qualidade de vida das cidades, como também a saúde física e mental de sua população. Além disso, toda cidade deveria possuir planos, projetos e programas voltados à arborização, sabendo que não se trata apenas de plantio de árvores, mas importante elemento reestruturador do espaço urbano, pois aproxima as condições ambientais normais da relação com o meio urbano.

A vegetação em áreas urbanas desempenha um importante papel para as pessoas que vivem nestes ambientes proporcionando benefícios, psicológicos como o alívio do estresse, socioeconômicos aumentando do valor da propriedade, redução da poluição do ar e melhora a qualidade do escoamento de águas pluviais (Donovan, 2010; Nesbitt *et al.* 2019; Roy *et al.*, 2012; Tyrväinen, 2014; Zhong, 2019).

A visão ecológica das espécies para arborizar uma cidade é importante, pois possibilita proteger a identidade de cada região, cultivando as espécies locais, isso enfatiza que a arborização é um elemento imprescindível para qualidade de vida urbana e deve ser tratado com maior preocupação e planejamento, a partir de planos que valorizem os aspectos ecológicos de cada espécie (Kramer e Krupek, 2012).

Os principais proveitos que se pode tirar da arborização urbana estão relacionados a benefícios físicos e mentais (Cârlan *et al.*, 2019; Paiva e Gonçalves, 2002; Sugiyama *et al.*, 2018). Uma área verde dentro de um centro urbano propicia um ambiente com boa qualidade, pois poderá se tornar atrativo à população, que passará a frequentar estes espaços para a realização de atividades como caminhada, corrida, práticas desportivas, passeios, descanso e relaxamento; tão importantes na restauração da saúde física e mental (Londe e Mendes, 2014).

Para o desenvolvimento de planos de arborização que valorizem os aspectos paisagísticos e ecológicos faz-se necessário o conhecimento da flora urbana que traz benefícios diretos para os cidadãos (Kramer e Krupek, 2012).

Para Gonçalves (2015), é necessário fazer uma análise de forma quali-quantitativa do inventário da vegetação arbórea de uma cidade para determinar sua composição florística, conhecer seu estado e estimar alguns indicadores. Entre os índices mais comuns encontra-se o número de árvores por habitante, que permite estimar a quão arborizada é uma cidade.

Höfig e Silva (2010), cita nos seus estudos que segundo a UNESCO, o ideal em toda cidade é ter pelo menos duas árvores por habitante, situação que na maioria das cidades é muito contrária a realidade.

Com o crescimento das áreas urbanas e diminuição da vegetação nas respectivas áreas, levou ao crescimento de um fenômeno chamado ilha de calor urbano, podendo, segundo a literatura, variar de leve à extremo. Este fenômeno aumenta o consumo de energia com refrigeração e causa menor conforto térmico nos ambientes internos e externos localizados nestas áreas (Kolokotsa *et al.*, 2009; Vidrih, 2013).

A evolução dos sistemas computacionais está proporcionando um melhor gerenciamento da arborização urbana, tendo em vista que é possível o desenvolvimento de sistemas que auxiliam no levantamento, processamento e armazenamentos das informações.

Para Stair e Reynolds (2002) e Santos *et al.* (2017), um sistema de informação pode ser definido de diferentes maneiras, formando um tipo de sistema especial. É considerado um conjunto de módulos que inter-relacionados coletam (entrada), manipulam (processamento) e demonstram (saída) os dados e a informação fornecendo um mecanismo de feedback atendendo assim um objetivo.

Os softwares de geoprocessamento como Spring, ArcGis e SISARB, vem nos dias atuais ganhando adeptos a sua utilização. Os dois primeiros trabalham com imagens georeferenciadas e exigem um determinado grau de conhecimento do profissional que irá operá-lo para realizar o processamento de uma imagem extraído da mesma um índice de vegetação arbórea para fins de planejamento urbano. O último trabalha com imagens planas sem georeferenciamento no formato *Joint Photographics Experts Group* (JPEG) e *Portable Network Graphics* (PNG), onde o custo da imagem é menor.

Segundo INPE (2017), o Spring é um Sistema de Informações Geográficas (SIG), um banco de dados geográfico de 2ª geração, para ambientes Windows, Linux e Mac. Os sistemas desta geração são concebidos para uso em conjunto com ambientes cliente-servidor, geralmente acoplados a gerenciadores de banco de dados relacionais, operando como um banco de dados geográfico.

O ArcGIS é um conjunto de aplicativos computacionais de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) desenvolvido pela empresa norte-americana ESRI (Environmental Systems Research Institute) que fornece ferramentas avançadas para análise espacial, manipulação de dados e cartografia (Trocado, 2013).

Já o SISARB, segundo Murari (2019), foi desenvolvido especificamente para processamento de imagens de alta definição sem georreferenciamento obtidas por meio de satélites. O sistema é capaz de reconhecer em uma imagem os diversos tons de verde e realizar a contagem destes pontos encontrados dando assim ao final um cálculo da porcentagem de área verde encontrada na imagem analisada.

Portanto, esse trabalho teve como objetivo a elaboração de um software desenvolvido na plataforma Web com a finalidade de fornecer informações pertinentes sobre o censo arbóreo em escalas municipais. Esse software permite que o usuário sem conhecimento específico em informática e em qualquer lugar utilize-o para um fim específico, direto e preciso de

processamento de imagens obtidas por meio de um drone com a intenção de obter o percentual de vegetação contida na imagem analisada, podendo ainda contar com impressão de relatórios, segurança das informações, robustez de disponibilidade e capacidade de armazenamento das informações em um servidor remoto. Essa facilidade de utilização e a aplicabilidade específica da mesma a diferenciam de outros softwares disponíveis na área de Geoprocessamento, tornando-a indispensável à gestão das áreas verdes.

Com o desenvolvimento do software de interface simples e prática, busca-se auxiliar os gestores responsáveis pelo controle arbóreo da cidade e incentivar a população ao plantio de árvores, melhorando assim a qualidade de vida.

Materiais e métodos

Desenvolvimento de um software web para a identificação e quantificação de áreas verdes urbanas

Para o desenvolvimento do software foram analisados os seus requisitos, onde o mesmo deveria possibilitar o controle de usuários por meio de senha de acesso, permitindo que esses usuários enviassem imagens obtidas com drones ou satélites de locais com vegetação arbórea urbana para a plataforma. O objetivo principal é realizar o processamento destas imagens verificando assim a quantidade de áreas verdes existentes nelas. No momento do processamento da imagem o usuário poderá selecionar a porcentagem de área verde que gostaria de encontrar na imagem analisada, no entanto esse item servirá somente para fins de cálculos para mostrar os resultados obtidos ao final.

Ao identificar as áreas verdes na imagem o software irá colorir a região encontrada em uma cor diferente da cor original (verde) facilitando assim a identificação visual pelo usuário das áreas encontradas. O usuário também deve ter a funcionalidade de excluir seus processamentos, no entanto não será permitido a modificação de um processamento já realizado. Deve ser mostrado também a porcentagem de área verde encontrada, a porcentagem de área verde faltante e a porcentagem de área que se pretendia ter na imagem analisada. Ao final o usuário poderá emitir relatório de tudo o que foi analisado.

No desenvolvimento foi utilizada a linguagem Java para a implementação das classes de manipulação das informações e também para tornar o sítio dinâmico juntamente com a Linguagem HTML, esta por sua vez foi utilizada no desenvolvimento do layout do sítio e será responsável por fazer a interação com o usuário. Para aumentar a segurança do sistema foi utilizado a metodologia de programação Model-View-Controller (MVC) e também o uso de criptografia do tipo MD5 nas senhas dos usuários. Para armazenar as informações necessárias para o funcionamento do sistema, bem como o processamento das imagens foi utilizado o

Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL. O framework NetBeans, foi utilizado com o intuito de melhorar o ritmo de desenvolvimento e gerenciamento dos arquivos envolvidos. Na fase de análise de requisitos e funcionalidades do mesmo, trabalhou-se seguindo as regras da engenharia de software. Para aprimorar o desenvolvimento do software foram desenvolvidos os digramas de classe e caso de uso utilizando a linguagem de modelagem UML.

Validação do Software web para a identificação e quantificação de áreas verdes urbanas por meio do ambiente controlado

A validação do software nesta etapa deu-se por meio de um ambiente controlado, onde foi criado uma imagem abstrata de 19 centímetros de largura por 27 centímetros de comprimento, portanto sabe-se exatamente a área da imagem. Dentro desta imagem foram colocadas algumas figuras geométricas nas cores que caracterizam a vegetação arbórea que o software está programado para reconhecer. Essas figuras geométricas também possuem suas áreas de tamanho controlado. Assim é possível verificar se o software está realizando os seus cálculos de forma correta, validando assim a veracidade dos resultados obtidos pelo processamento.

Validação do Software web para a identificação e quantificação de áreas verdes urbanas por meio de imagens de alta definição

A validação do software nesta etapa deu-se por meio da utilização das imagens de alta resolução (12 megapixel) obtidas por meio do drone da cidade de Votuporanga-SP, disponibilizada pela SAEV e pela Secretaria do Planejamento do Município quantificando o índice de áreas verdes de cada imagem dimensionada.

Para a obtenção das imagens da área urbana a ser mapeada foi realizada uma reunião com o diretor do Departamento do Meio Ambiente da Superintendência de Água, Esgotos e Meio Ambiente de Votuporanga – SAEV para solicitar a autorização da obtenção da imagem em alta resolução (mínimo de 12 megapixel), por via do drone, da cidade. Posteriormente, essa solicitação foi encaminhada ao Setor de Meio Ambiente, responsável pela disponibilização da mesma.

As imagens foram fotografadas em um dia ensolarado no horário em que o sol estivesse em sua altura máxima em relação a região que seria fotografada. O drone foi posicionado a uma altura de 300 metros da superfície.

O modelo do drone utilizado foi um quadricóptero com 2 sensores de voo do tipo IMU, 5 sensores englobando as laterais, a frente e a parte traseira e Gimbal de 3-axis. O drone está equipado com rádio controle de alcance de 7 km, com frequências de 2,4 e 5,8 GHz; A câmera acoplada ao drone possui obturador mecânico de 20 MP com ISO de 100-3200 para vídeo e foto na forma automática e ISO de 100-6400 para vídeo e foto na forma manual. Possui a capacidade para gerar arquivos no formato JPEG,

DNG, MPG/MOV, para sobrevoar a região que seria fotografada na altura estipulada foi necessário solicitar autorização para a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC estipulando a região, altura e horário em que o drone estaria sobrevoando, evitando assim problemas com aeronaves que estariam passando pelo espaço aéreo da cidade naquele momento.

De posse da imagem da cidade tomada como modelo para este estudo de caso, o responsável do setor da SAEV, identificou, por meio de um trabalho topográfico realizado pela prefeitura, a demarcação por linhas separando as regiões das imagens em quatro quadrantes e para cada quadrante foram separados os bairros. Para a separação dos quadrantes foi utilizando o software AutoCad.

Resultados e discussão

Desenvolvimento de um software web para a identificação e quantificação de áreas verdes urbanas

Para ser realizada a modelagem desse software foi escolhida a UML-“Unified Modeling Language”, uma linguagem visual utilizada para a modelagem de sistemas computacionais por meio do paradigma de orientação a objetos.

Após a análise dos requisitos do sistema foi possível verificar que o mesmo possuirá dois atores sendo um o “Usuário” que irá utilizar o sistema para realizar o processamento da imagem e emitir relatórios, o outro sendo o “Administrador” responsável por cadastrar o “Usuário” no sistema, realizar auditorias de acesso dos outros usuários e cadastro do e-mail que será utilizado pelo sistema para enviar o link para recuperação de senha dos usuários caso este solicite. A Figura 1 representa os atores.

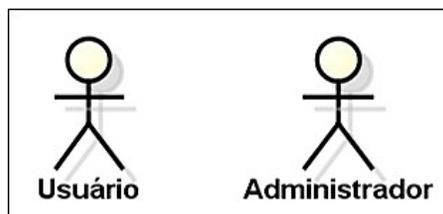


Figura 1. Definição dos atores para o Sistema - ARBOQuant para o delineamento das áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Após a definição dos atores faz-se necessário elaborar o diagrama de casos de uso. Este apresenta os casos de uso do sistema; cada caso de uso é apresentado com os seus diagramas (classes e sequências) e com a descrição textual do seu comportamento. Ele é utilizado para demonstrar o comportamento externo do sistema na visão do usuário, evidenciando as funções que o usuário poderá utilizar (Guedes, 2005).

Para atender as necessidades do usuário foram criadas algumas funcionalidades no software que são representadas pelos Casos de Uso que podem ser observados no Diagrama de Casos de Uso ilustrado na Figura 2.

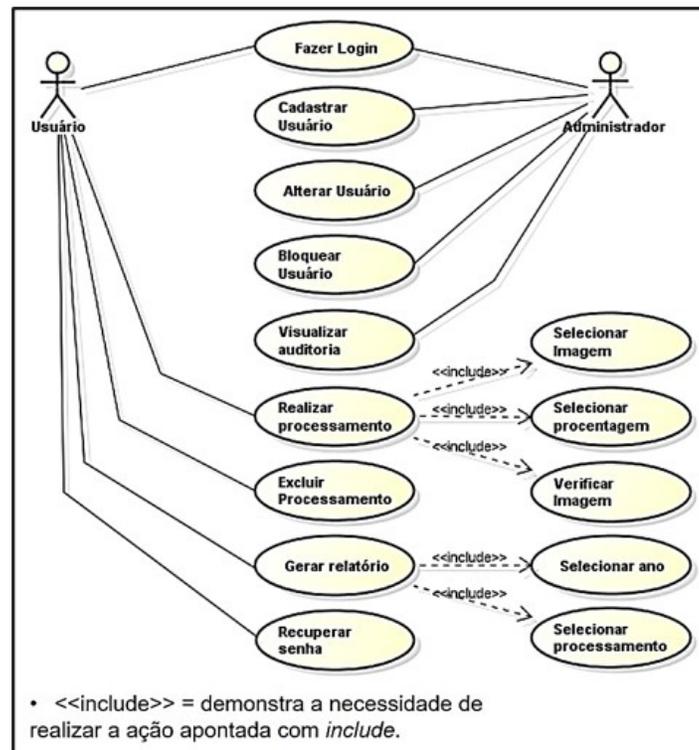


Figura 2. Diagrama de casos de uso do para o Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Ainda na modelagem do sistema a construção do diagrama de classe onde é possível visualizar as interações entre as entidades que compõe o sistema no intuito de dar integridade das informações manipuladas e armazenadas pelo mesmo.

Como é observado no diagrama de classe (Figura 3), as entidades são representadas por um retângulo dividido em três partes, onde na parte superior se tem o nome da entidade sempre iniciada com letra maiúscula, na parte do meio se tem os atributos que são as informações que serão armazenadas por essa entidade e quais os tipos de informações (números, datas, horas, textos, etc) que os mesmos irão armazenar, e na parte inferior estão as principais funcionalidades (métodos). Entre as entidades existe uma ligação mostrando a relação entre elas, pode-se observar que a entidade “Usuario” está ligada com a entidade “Auditoria” isso se deve pois é

necessário armazenar informações das ações realizadas dentro do sistema pelo “Usuario”, esta mesma entidade também está ligada com a entidade “Processamento”, isso se deve mediante a necessidade de armazenar todos os processamentos do “Usuario” para futuramente gerar os relatórios necessários. A entidade “Email” não está liga com nenhuma outra, pois a mesma é uma configuração do sistema que irá armazenar o e-mail de administração que será responsável por enviar as mensagens de recuperação senha para o e-mail do “Usuario” quando o mesmo solicitar a recuperação de senha. As ligações entre as entidades apresentam um número nas duas extremidades, estes números são chamados de cardinalidades. Levando em consideração a ligação entre as entidades “Usuário” e “Processamento” nota-se que um (1) usuário pode possuir nenhum ou vários (0..*) processamento.

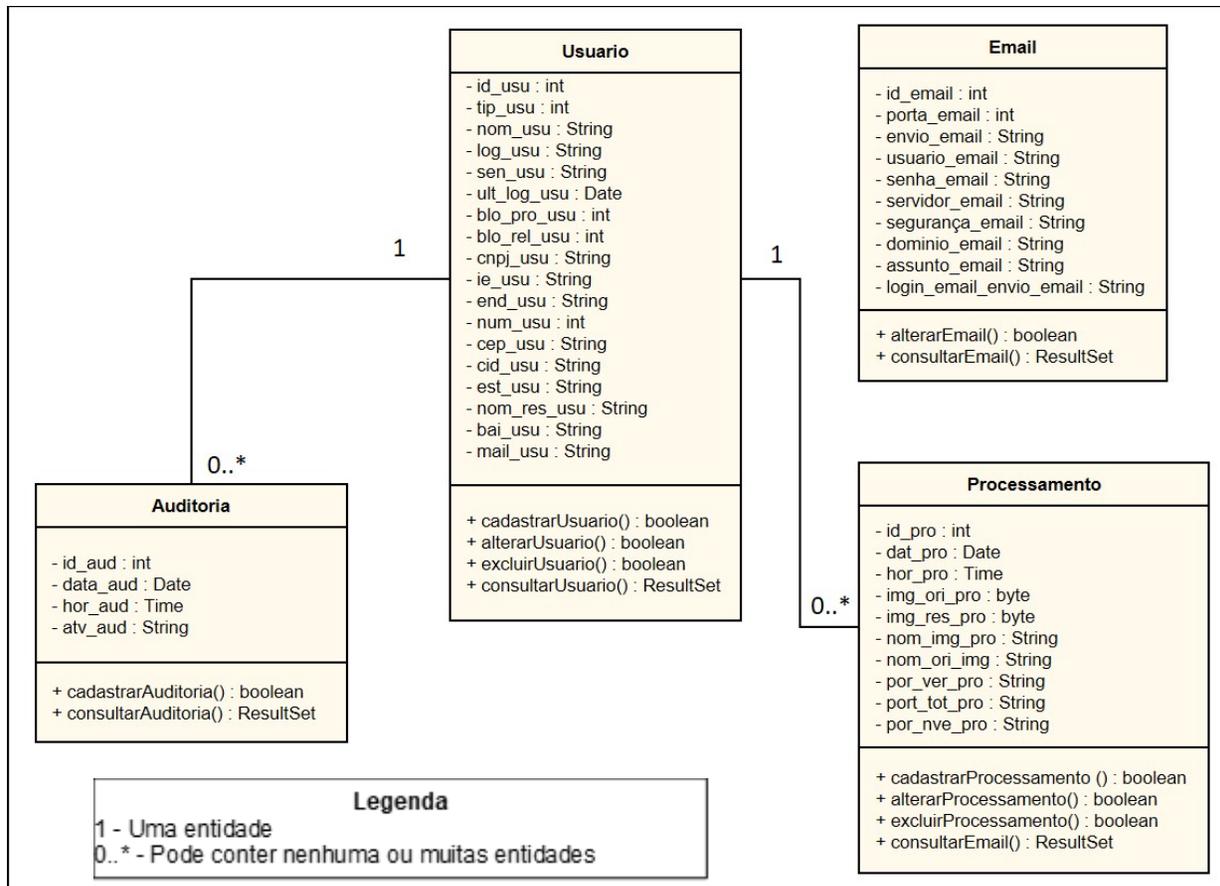


Figura 3. Diagrama de classe do para o Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Para atender as necessidades do usuário em realizar o processamento de áreas verdes urbanas por meio de imagens de alta definição obtidas por um drone ou satélite, foi necessário implementar uma rotina que reconhecesse na imagem que estaria sendo analisada os diversos tons da cor verde, para tanto adotou-se trabalhar com a tabela de cores RGB (Red, Green, Blue) ilustrada pela Figura 4. Nesta tabela as cores são representadas por três conjuntos de números que varia de 0 a 255. A variação desses números forma qualquer cor que um sistema computacional consegue reconhecer. A Figura 4, ilustra a tabela RGB representando as 18 cores verdes e seus códigos presentes na vegetação e que podem ser identificados pelo sistema.

A tabela RGB possui outras cores de tons verde, no entanto essas não estão presentes na vegetação, não sendo assim reconhecidas pelo algoritmo, proporcionando uma maior fidelidade no processamento das imagens.

1	(0,250,154)	10	(34,139,34)
2	(0,255,127)	11	(50,205,50)
3	(152,251,152)	12	(0,255,0)
4	(144,238,144)	13	(124,252,0)
5	(143,188,143)	14	(127,255,0)
6	(60,179,113)	15	(173,255,47)
7	(46,139,87)	16	(154,205,50)
8	(0,100,0)	17	(107,142,35)
9	(0,128,0)	18	(85,107,47)

Figura 4: Tabela de cores RGB reconhecida pelo Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Apresentação do Sistema de Informação Web para Delineamento da Arborização Urbana - ARBOQuant

A página inicial do software desenvolvido é apresentada na Figura 5. Observa-se na figura, a página inicial do sistema, para ter acesso ao sistema, deve-se clicar no link "Login" (seta 1). Após essa etapa o usuário do sistema será direcionado para a próxima página, conforme ilustrado na Figura 6.

Na Figura 6, apresenta-se a página de login do sistema, o usuário deve informar o seu "Login" de acesso (seta 1) e depois a sua "Senha" de acesso (seta 2), após isso o mesmo deve clicar no botão "Entrar" (seta 3). Após essa etapa e com o "Login" e "Senha" de acesso corretos e se o usuário for o administrador do sistema, a página ilustrado pela Figura 7 será aberta, no entanto, se o usuário for comum a página da Figura 8 será aberta.



Figura 5. Página inicial do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

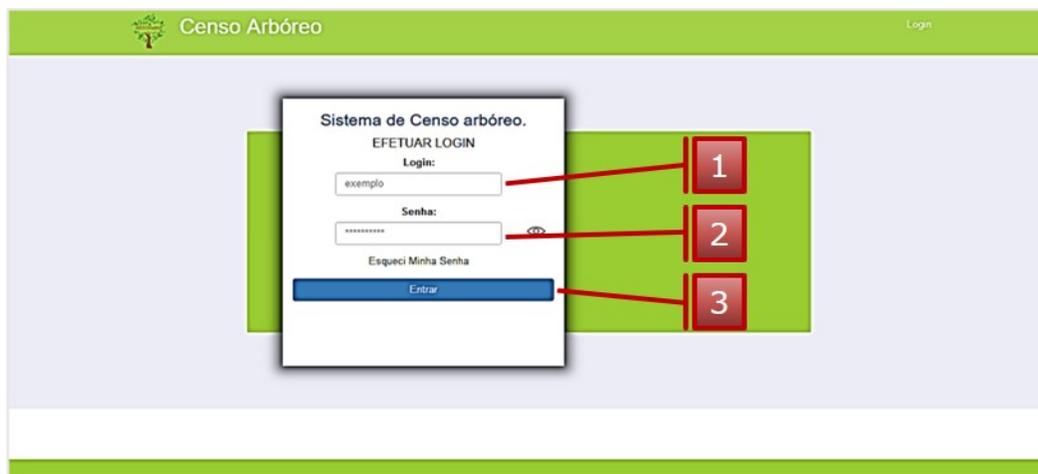


Figura 6: Página de login do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Na Figura 7, é apresentada a página principal do usuário Administrador onde consta todas as funcionalidades destinadas a ele, nesta página é possível o mesmo cadastrar, e alterar usuários clicando no link “Usuários” (seta 1), é possível visualizar auditorias do sistema clicando no link “Auditorias” (seta 2), a auditoria são todos os registros das atividades realizadas pelos usuários dentro do sistema. O administrador também pode cadastrar as informações do e-mail clicando no link “E-mail” (seta 3), este e-mail será utilizado pelo sistema para enviar um link para o usuário comum ter a possibilidade de alterar a sua senha caso o mesmo solicite. No link “Sair” (seta 4) o Administrador fecha o sistema voltando para a página de “Login”.

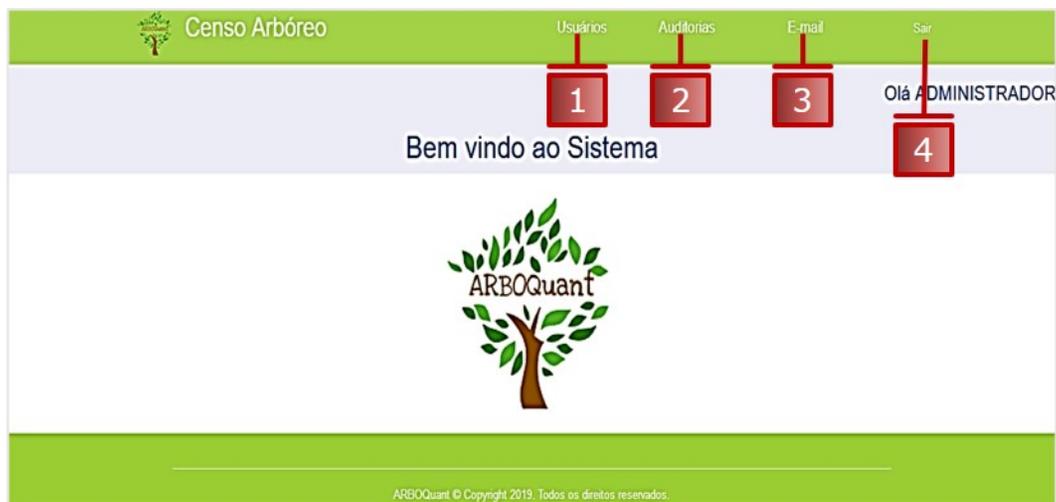


Figura 7. Página de principal do Administrador do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

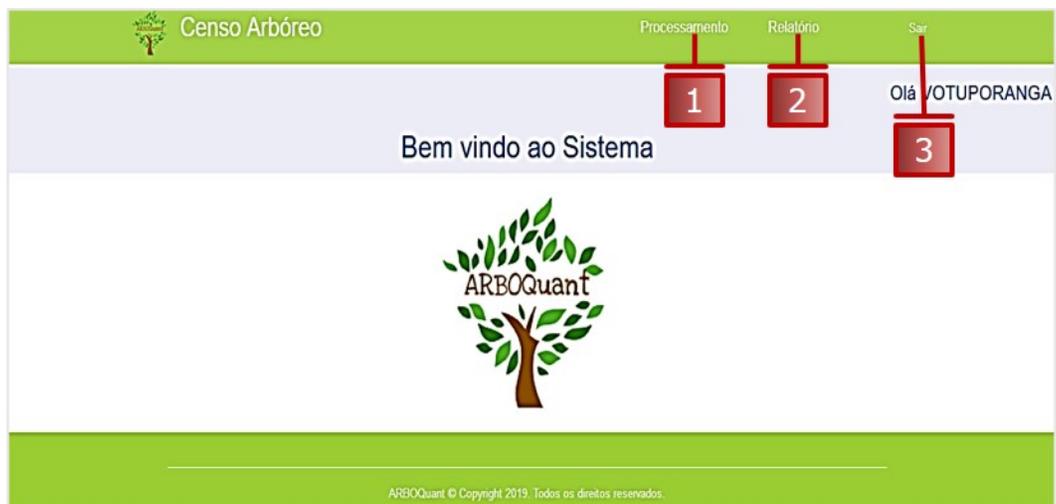


Figura 8. Página de principal do Usuário do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Na Figura 8, é apresentada a página principal do usuário comum do sistema, nesta página é possível o mesmo realizar o processamento de uma imagem clicando no link “Processamento” (seta 1), é possível gerar relatórios dos processamentos realizados clicando no link “Relatório” (seta 2). No link “Sair” (seta 3) o usuário fecha o sistema voltando para a página de “Login”. Ao usuário clicar no link “Processamento” a página ilustrada pela Figura 9 será aberta.



Figura 9. Página de processamento de imagens (passo 1) do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Observa-se na Figura 9, o primeiro passo para realizar o processamento de uma imagem. Para começar o processamento o usuário deve digitar o nome da imagem no campo “Nome da imagem” (seta 1), depois é necessário selecionar a imagem dentro do computador clicando no botão “Procurar...” (seta 2), após é necessário clicar no botão “Enviar” (seta 3), neste momento o usuário será direcionado para a página ilustrada na Figura 10. O usuário pode também limpar todos os dados digitados clicando no botão “Limpar” (seta 4).



Figura 10. Página de processamento de imagens (passo 2) do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

A Figura 10, representa o segundo passo para realizar um processamento, observa-se a imagem que foi enviada pelo usuário (seta 5) e o nome da imagem (seta 1). O usuário deve selecionar a porcentagem de área verde que o sistema pretende encontrar (seta 2). Essa porcentagem possui uma variação de 0 a 100%, com intervalos entre eles de 10%. Após essa etapa o usuário deve selecionar a opção de verificar verde clicando no botão “Verificar Verde” (seta 4), após essa etapa o sistema abrirá a página ilustrada na Figura 11. O usuário pode ainda excluir a imagem enviada clicando no botão “Excluir Imagem” (seta 3).

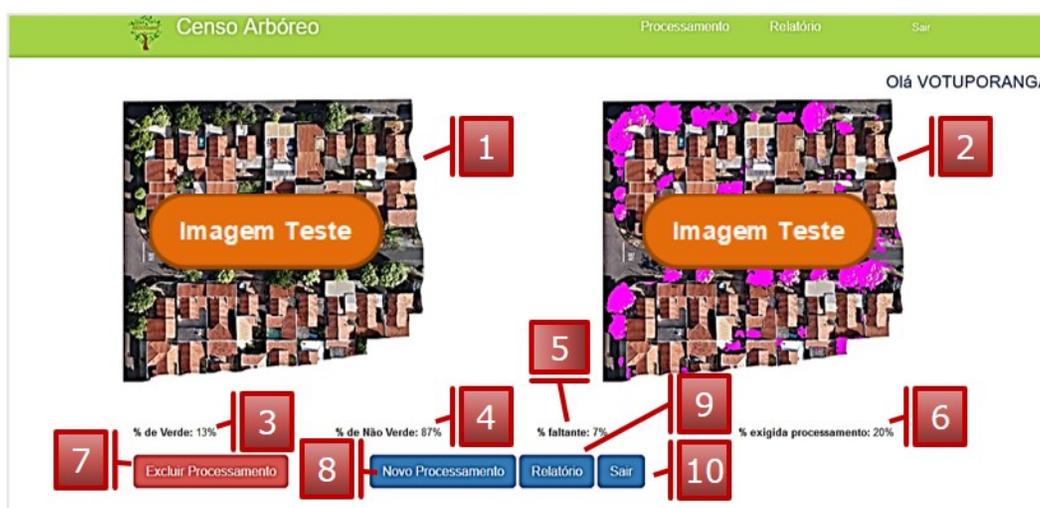


Figura 11. Página de processamento de imagens (passo 3) do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Na Figura 11, observa-se o terceiro passo no processamento da imagem, onde o software processará a imagem e encontrará a porcentagem de áreas verdes; a porcentagem de áreas verdes faltante e a porcentagem de área restante, nesta página é apresentado a imagem original (seta 1), a imagem processada (seta 2) onde os pontos de vegetação são coloridos na cor rosa para facilitar a visualização do usuário. São apresentados também a porcentagem de verde encontrado na imagem (seta 3), a porcentagem de área não verde na imagem (seta 4), a porcentagem de verde que falta para atingir o que se pretendia (seta 5) e a porcentagem de verde que gostaria de ter encontrado na imagem (seta 6). O usuário também pode excluir o processamento da imagem clicando no botão “Excluir Processamento” (seta 7), pode realizar um novo processamento clicando no botão “Novo Processamento” (seta 8), pode ir para a página de relatório clicando no botão “Relatório” (seta 9) e pode sair da página de processamento clicando no botão “Sair” (seta 10).

Uma outra funcionalidade do sistema disponível para o usuário é a emissão de relatórios. A Figura 12, ilustra a página com esta funcionalidade que pode ser acessada clicando no link “Relatório” da página principal do usuário. Na Figura 12, o usuário pode consultar os processamentos por ele realizados, para isso é necessário selecionar o ano que se deseja listar os processamentos na caixa de seleção “Ano de Processamento” (seta 1), após essa etapa o usuário deve clicar no botão “Pesquisar” (seta 2), os processamentos referente ao ano selecionado serão listados na tabela baixo (seta 3) podendo ser melhor visualizado na Figura 13. O botão “Fazer Relatório” (seta 4) só será habilitado quando pelo menos um processamento for listado.

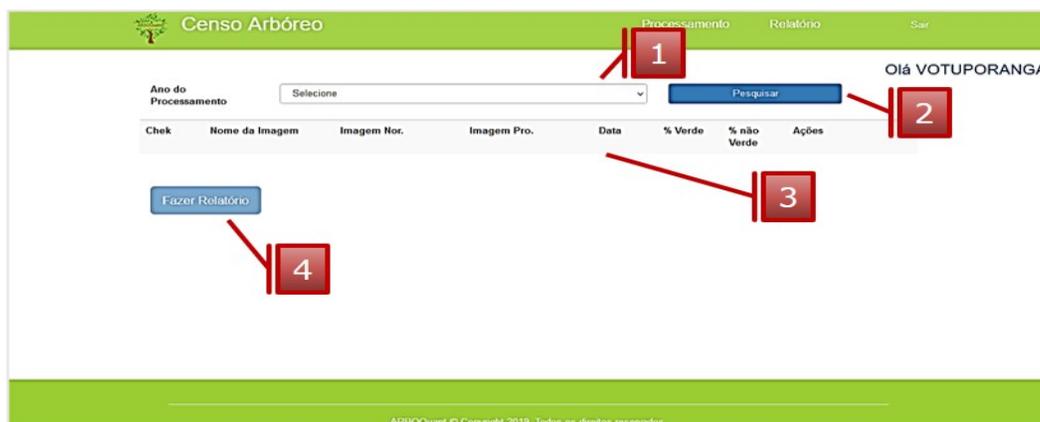


Figura 12. Página de listar processamentos realizados do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

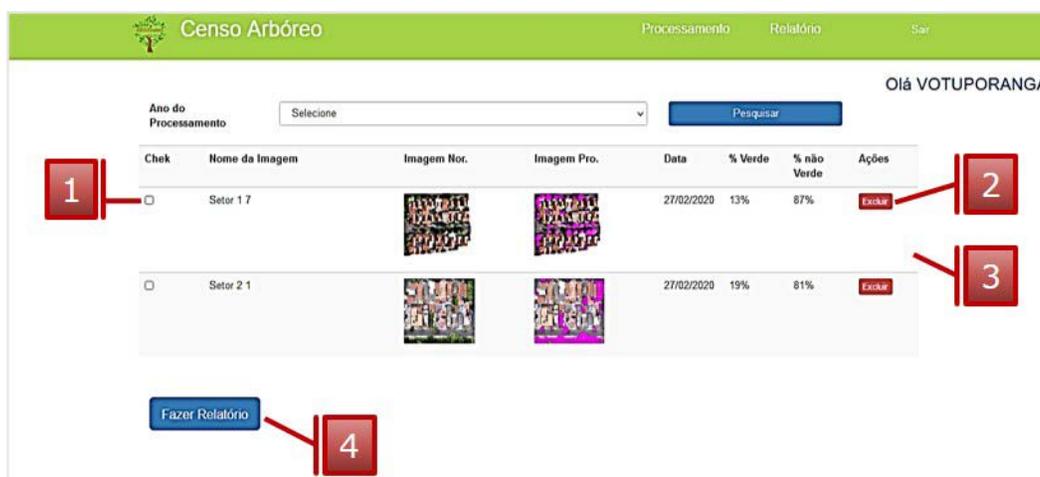


Figura 13. Página com listagem dos processamentos realizados do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

A Figura 13, ilustra a página com a listagem dos processamentos realizados pelo usuário em um determinado ano (seta 3). Nessa listagem é possível fazer a exclusão do processamento clicando no botão “Excluir” (seta 2). Para gerar o relatório dos processamentos o usuário deve clicar da caixa de seleção (seta 1) marcando quais processamentos devem compor o relatório que será gerado. Após selecionar os processamentos, o mesmo deve clicar no botão “Fazer Relatório” (seta 4), o relatório será apresentado para download no formato PDF (Portable Document Format), após aberto o mesmo pode ser observado na Figura 14.



Figura 14. Página com listagem dos processamentos realizados do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Validação do Software web para a identificação e quantificação de áreas verdes urbanas (ARBOQuant) por meio do ambiente controlado

A validação do sistema por meio de um ambiente controlado se deu pela criação de uma imagem contendo cores aleatórias e também faixas da escala de verde em que o software deveria reconhecer como sendo vegetação.

A Figura 15 ilustra esse ambiente controlado, podendo-se observar que a mesma possui um tamanho de 19x27 cm possuindo assim uma área total no valor de 513 cm². Dentro desta imagem foram colocadas algumas formas geométricas também com a sua área conhecida, podendo assim, ao serem reconhecidas pelo sistema proporcionar a verificação do cálculo de reconhecimento. Dentre as formas geométricas colocadas na Figura 15, foi colocado uma

forma geométrica para cada cor da Tabela RGB ilustrado na Figura 4, sendo estas representadas pelos retângulo de 1 a 9 e pelos triângulos de 10 a 18. A área destas formas geométricas somadas é de 66 cm².

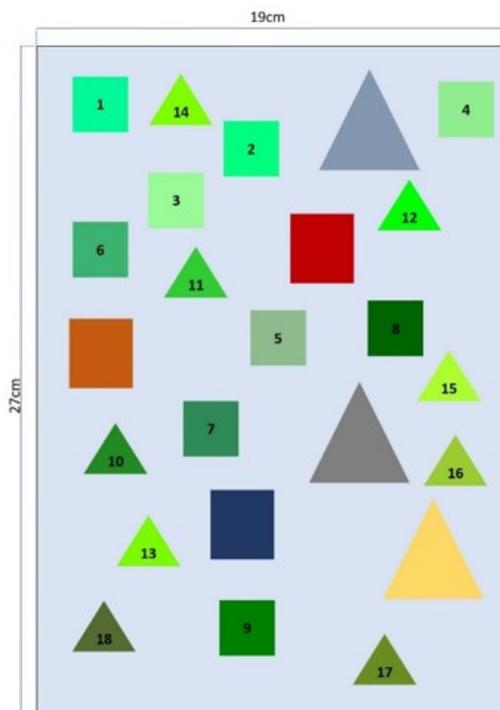


Figura 15. Imagem do ambiente controlado para validação do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

A Figura 15 foi submetida ao processamento do sistema passando pelos passos 1 e 2 da fase de processamento. O resultado do mesmo pode ser observado no passo 3 ilustrado pela Figura 16.

Com relação aos 13% de área verde encontrada, o mesmo corresponde a uma área de 66 cm² da imagem analisada, que possui uma área total de 513 cm², como pode ser observado na Figura 15.

Ao analisar a imagem do ambiente controlado, o sistema reconheceu as formas geométricas que possuíam a cor verde de acordo com a escala RGB de cores utilizada como referência neste projeto, realizando os cálculos de forma correta de acordo com o esperado.

Desta forma é possível verificar que o sistema está reconhecendo e calculando de forma correta as áreas verdes encontradas nas imagens enviadas, processadas e analisadas.



Figura 16. Imagem do ambiente controlado no passo 3 do processamento para validação do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Validação do Software web para a identificação e quantificação de áreas verdes urbanas (ARBOQuant) por meio de imagens de alta definição

Para a realização da validação do Sistema ARBOQuant foi realizada utilizando-se como cidade modelo, o município de Votuporanga-SP. Para isso, utilizou-se algumas imagens de alta definição cedidas pela Superintendência de Água e Esgoto de Votuporanga – SAEV obtidas por meio de um drone.

O município de Votuporanga ilustrado na Figura 17, localiza-se no Noroeste do Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: latitude 20° 25' 02" e longitude 49° 58' 22". A cidade dista 520km da Capital – São Paulo, e 82km de São José do Rio Preto, importante polo emergente no interior paulista e cidade-sede da Região Administrativa de São José do Rio Preto (Votuporanga, 2014).

O município possui uma população estimada em 84692 habitantes, em um território com 420.703 Km² (Ibge, 2020). Votuporanga possui mais de 300 mil árvores e 100 reservas ecológicas, espaços de áreas verdes e APP's (nascentes e córregos). O clima de Votuporanga é tropical com inverno seco com temperatura média compensada anual em torno dos 24°C, tendo a média das máximas de 30°C e das mínimas 19°C (Votuporanga, 2014).

Para a demonstração do processamento das imagens, foi cedida pela SAEV imagens de diferentes pontos da cidade, sendo que aqui será demonstrado a validação utilizando a imagem da região nordeste ilustrado pela Figura 18.



Figura 17. Imagem de satélite da cidade de Votuporanga-SP. (Google Earth, 2020).



Figura 18. Imagem da região nordeste da cidade de Votuporanga-SP. (SAEV, 2019).

A Figura 18 foi submetida ao processamento do sistema passando pelos passos 1 e 2 da fase de processamento. O resultado do mesmo pode ser observado no passo 3 ilustrado pela Figura 19.



Figura 19. Imagem da região nordeste no passo 3 do processamento para validação do Sistema - ARBOQuant para o delineamento de áreas verdes urbanas. (Autor, 2021).

Na Figura 19, observa-se a imagem original (seta 1), a imagem processada (seta 2) onde a vegetação na cor verde foi identificada pelo sistema e coloridas na cor rosa para melhorar a visualização por parte do usuário. Na seta 3 observa-se a porcentagem de área verde que foi encontrada na imagem sendo 19%. Na seta 4 é mostrado a porcentagem de área não verde sendo de 81%. Na seta 5 é mostrado a porcentagem de área verde que falta para atingir a porcentagem exigida pelo sistema que pode observado na seta 6 e que foi anteriormente selecionado no passo 2 do processamento da imagem.

Segundo o censo realizado pela SAEV de forma manual em 2018, nessa mesma área testada pelo ARBOQuant, obteve-se somente 18% de área verde, porém, a contabilidade feita pelo software com na mesma área mostrou um valor igual a 19%. Como em todas as áreas da cidade esse censo é realizado pela SAEV foi por meio de agentes percorrendo as ruas e contando as áreas verdes existentes nas mesmas e também medindo o diâmetro da copa das árvores por meio da projeção de suas sombras, no entanto esse censo realizado de forma manual não contabiliza as áreas verdes no interior dos imóveis.

Dessa forma, pode-se concluir que o sistema encontrou 19% de área verde comparado a 18% aferido pela SAEV sendo esse aumento justificado também pela inclusão das áreas verdes do interior dos imóveis.

Esse resultado mostrou que o software está realizando o cálculo de forma adequada e coerente, considerando um pequeno aumento de área verde um ano após a última medição. Esse aumento

de área verde pode ser justificado devido às ações relacionadas a arborização urbana realizadas pela cidade de Votuporanga como: reflorestamento, obrigatoriedade de cinturões verdes em novos bairros, revitalização de parques ecológicos, praças e dos canteiros das avenidas além de incorporar educação ambiental nas escolas municipais do ensino fundamental, melhorando assim a sua pontuação junto ao Programa Município Verde Azul, realizado pelo governo do Estado de São Paulo, do qual ela participa.

Conclusão

Com o presente trabalho foi desenvolvido um software para a plataforma Web com o intuito de auxiliar os gestores ambientais na realização do censo arbóreo em escala municipal urbana. No seu desenvolvimento foram utilizadas as linguagens de programação Java, HTML e CSS, além do banco de dados PostgreSQL, proporcionando um grande desempenho no processamento, com a possibilidade de armazenar as informações do usuário e dos processamentos realizados, possibilitando assim, emitir relatório em formato PDF das imagens processadas pelo usuário.

O fato de o sistema estar na plataforma Web sendo assim hospedado em um servidor de grande porte, proporcionou um aumento na robustez e na segurança do mesmo. Além do mais, os usuários não precisam instalar o sistema em seus computadores, basta somente solicitar acesso ao mesmo por meio do administrador, onde será fornecido um usuário e uma senha de acesso.

O software desenvolvido foi nomeado de ARBOQuant, e para o correto funcionamento é necessário que as imagens sejam planas preferencialmente fotografadas em horário de sol cheio, evitando sombras que comprometam a qualidade. As extensões de arquivo suportadas são JPEG ou TIFF. O software apresenta como resultado o cálculo da porcentagem de área verde encontrada; a porcentagem de área verde faltante; a porcentagem de área restante e a porcentagem que gostaria de ter atingido na área analisada.

A obtenção das imagens processadas, no presente trabalho, foi cedida pela SAEV sendo que as mesmas possuem alta definição e são da cidade de Votuporanga-SP.

A validação do software foi realizada em duas etapas, sendo uma em um ambiente controlado, onde uma imagem abstrata de área controlada com figuras geométricas também de área controlada, sendo algumas com cores verdes e outras com cores diversas. O software encontrou 13% de área verde correspondente a soma das áreas das figuras geométricas de cor verde e 87% de área não verde corresponde ao restante da imagem.

Na segunda validação do software foi utilizada uma imagem da região nordeste. Na região nordeste o software encontrou 19% de área verde e 81% de área não verde.

Com essas validações foi possível constatar a qualidade/veracidade das informações adquiridas para o censo arbóreo do município tomado como modelo, bem como uma grande agilidade na resposta do mesmo.

Além disso, as cidades do estado de São Paulo, que participam do PMVA, têm nesse software um aliado para a contabilização de suas áreas verdes, podendo participar mais assiduamente no programa do selo verde/azul ordenado pelo governo estadual, conseguindo melhores recursos para o progresso do município.

Destaca-se ainda que esse software por não ser instalado no computador do usuário e ser por meio da Web, pode ser utilizado por qualquer pessoa que não tenha conhecimentos específicos para esse fim e também por qualquer outra cidade que queira quantificar o percentual de suas áreas verdes sem a necessidade de equipamentos computacionais que tenham alto poder de processamento.

Verifica-se, portanto, que esse software colabora com a arborização feita de forma correta, onde o gestor observando o relatório emitido pelas imagens processadas que tem contabilizado neste resultado, a vegetação presente nas áreas públicas como também nas áreas internas dos imóveis como quintais e jardins, possa ter a tomada de decisão resultando na eficácia da gestão ambiental do município.

Referências bibliográficas

- Cârlan, I., Mihai, B. A., Nistor, C. (2019) Identifying urban vegetation stress factors based on open access remote sensing imagery and field observations. *Ecological Informatics*. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.101032>
- Donovan, G.H., Butry, D.T. (2010) Trees in the city: valuing street trees in Portland, Oregon. *Landscape & Urban Planning*, **94**, 77-83. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/journals/pnw_2010_donovan001.pdf
- Gonçalves, W. (2015) Diagnose qualitativa de florestas urbanas. *Viçosa: o autor*, 93.
- Gonçalves, L. M., Monteiro, P. H. da S., Santos, L. S. dos, Maia, N. J. C., Rosal, L. F. (2018) Arborização Urbana: a Importância do seu Planejamento para Qualidade de Vida nas Cidades. *Revista Ensaio e Ciências*, **22**(2), 128-136. Acesso em 08 de fevereiro de 2021, disponível em: <https://ensaioseciencia.pgskroton.com.br/article/view/6026>
- Guedes, G. T. A. (2005) *UML 2: guia de consulta rápida*. São Paulo: Novatec Editora Ltda.
- Höfig P., Silva, G.M.F. (2010) Mapeamento de árvores, sombreamento e área verde, e qualidade de vida no condomínio Catuaí Park Residence, em Londrina- PR. In: *Encontro Nacional de Geógrafos*, Porto Alegre, **16**.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020) *Cidade e Estados*. Acesso em 19 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/votuporanga.html?>
- Kramer, J. A., Krupek, R. A. (2012) Caracterização florística e ecológica da arborização de praças públicas do município de Guarapuava, PR. *Revista Árvore, Viçosa, MG*, **36**(4), *FapUNIFESP (SciELO)*, 647-658.
- Kolokotsa, D., Psomas, A., Karapidakis, E.. (2009) Urban heat island in southern Europe: the case study of Hania, Crete. *Solar Energy*, **83**(10), 1871–1883. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/70625.pdf>

- Londe, P. R., Mendes, P. C. (2014) A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. *Revista Hygeia, Uberlândia*, **10**(18), 264-272.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2017) *Manuais-Tutorial de Geoprocessamento. Descrição geral do Spring*. Acesso em 20 de abril de 2019, disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/espanol/tutorial/descricao_geral.html
- Martini, A. (2013) *Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na cidade de Curitiba*, PR. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba. Acesso em 02 de julho de 2019, disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/30000/R%20-%20D%20-%20ANGELINE%20MARTINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mayer, C. L. D. (2012) *Análise de conflitos de arborização de vias públicas utilizando sistemas de informações geográficas: caso Irati, Paraná*. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro – Oeste, PR.
- Murari, M. L. (2019) *Desenvolvimento de um sistema de informação para a plataforma desktop visando o delineamento de áreas verdes urbanas em escalas municipais*. 98 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto.
- Nesbitt, L., Meitner, M. J., Girling, C., Sheppard, S. R. J., & LU, Y. (2019) Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities. *Landscape and Urban Planning*, **181**, 51–79.
- Paiva, H. N., Gonçalves, W. (2002) Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida. *Viçosa: Aprenda Fácil, (Coleção Jardinagem e Paisagismo, 2)*. 180.
- Ribeiro, F. A. B. S. (2009) Arborização urbana em Uberlândia: percepção da população. *Revista Católica. São Paulo: Quadrante*, **1**(1), 224-237.
- Roy, S., Byrne, J., Pickering, C. (2012) A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban For. Urban Green*. **11**. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.06.006>. 351–363
- Santos, C. A. dos, Bresan, D. da S., Ueno, G. D. S., santos, K. C., Shitsuka, D. M., Boghi, C. (2017) Um modelo de sistema de informação gerencial: vantagem competitiva no processo da logística reversa do óleo de cozinha. *Research, Society and Development*, **4**(1), 62-88.
- Stair, R. M., Reynolds, G. W. (2002) *Princípios de sistemas de informação*. 4. ed. Rio de Janeiro, LTC.
- Sugiyama, T., Carver, A., Koohsari, M.J., Veitch, J. (2018) Advantages of public green spaces in enhancing population health. *Landsc. Urban Plan*. **178**. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.019>. 12–17.
- Trocado, P. (2013) *ArcGis 9*. Instituto Superior Técnico. Acesso em 20 de abril de 2019, disponível em: <https://pt.slideshare.net/GustavoMendes2/manualarcgis>
- Tyrväinen, L., Ojala, A., Korpela, K., Lanki, T., Tsunetsugu, Y., Kagawa, T. (2014) The influence of urban green environments on stress relief measures: A field experiment. *Journal of Environmental Psychology*, **38**, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.12.005>
- Vidrih, B., Medved, S. (2013) Multiparametric model of urban park cooling island. *Urban Forestry & Urban Greening*, **12**(2), 220-229. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.01.002>
- Votuporanga, Governo Municipal da Cidade de Votuporanga (2014) *Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos – PMGIRS Da Cidade Votuporanga*. Acesso em 12 de janeiro de 2019, disponível em: <https://www.saev.com.br/file/files/2019/01/18952b160b45317b558d205e855eafdb09052ad0.pdf>
- Zhong, Q., Ma, J., Zhao, B., Wang, X., Zong, J., Xiao, X. (2019) Assessing spatial-temporal dynamics of urban expansion, vegetation greenness and photosynthesis in megacity Shanghai. *Remote Sensing of Environment*. Acesso em 10 de janeiro de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111374>