

**ADRIANO MARTINS JUNQUEIRA**

**Monitoramento espaço-temporal da vazão de rio por meio de técnica de sensoriamento remoto e implementação de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água no Rio Araguaia (TO), Brasil.**

**Adriano Martins Junqueira**

**Monitoramento espaço-temporal da vazão de rio por meio de técnica de sensoriamento remoto e implementação de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água no Rio Araguaia (TO), Brasil.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Energia – Gestão Ambiental e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri.

Co-orientador: Prof. Dr. Silvio Jorge Coelho Simões.

Guaratinguetá - SP  
2022

J95m	<p>Junqueira, Adriano Martins</p> <p>Monitoramento espaço-temporal da vazão de rio por meio de técnica de sensoriamento remoto e implementação de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água no Rio Araguaia (TO), Brasil / Adriano Martins Junqueira – Guaratinguetá, 2022.</p> <p>113 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 84-94</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri</p> <p>Coorientador: Prof. Dr. Silvio Jorge Coelho Simões</p> <p>1. Correntes fluviais - Medição. 2. Sensoriamento remoto. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 628.1(043)</p>
------	---

*ADRIANO MARTINS JUNQUEIRA*


ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
"DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO: DOUTORADO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

  
Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. JOSE ANTONIO PERRELLA BALESTIERI

Orientador - UNESP  
participou por videoconferência

  
Prof. Dr. EYMAR SILVA SAMPAIO LOPES

INPE  
participou por videoconferência

  
Prof. Dr. TATIANA SUSSELE GONÇALVES MENDES

UNESP - São José dos Campos  
participou por videoconferência

  
Prof. Dr. RUBENS ALVES DIAS

UNESP  
participou por videoconferência

  
Prof. Dr. PALOMA MARIA SILVA ROCHA RIZOL

UNESP  
participou por videoconferência

MARÇO de 2022

## DADOS CURRICULARES

### Adriano Martins Junqueira

<b>NASCIMENTO</b>	23.01.1973 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS / SP
<b>FILIAÇÃO</b>	Osmar Bustamante Junqueira Célia Martins Junqueira
<b>1992/1996</b>	Curso de Graduação Engenharia Elétrica na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
<b>1997/1998</b>	Curso de Pós-Graduação lato sensu em Administração Contábil e Financeira, na Fundação Armando Álvares Penteado.
<b>2000/2001</b>	Curso de Pós-Graduação lato sensu em Gerenciamento de Projetos, no Instituto de Educação Tecnológica.
<b>2015/2017</b>	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
<b>2016/2016</b>	Estágio pesquisa na <i>Browm University</i> , EUA, no <i>Spatial Studies in the Social Sciences (S4)</i> com orientação do professor Dr. John R. Logan
<b>2018/Atual</b>	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Doutorado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
<b>2019/2020</b>	Estágio de pesquisa na <i>University of Birmingham</i> , Inglaterra, no <i>Geography, Earth and Environmental Sciences</i> com orientação do professor Dr. David Hannah

de modo especial, dedico este trabalho àqueles muito próximos que cederam horas de nosso convívio para que fosse possível a realização deste trabalho, em especial à meus filhos Leonardo e Lucas, minha esposa Juliana, meus pais Osmar e Célia e minha irmã Cynthia. Que Deus os abençoe sempre.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por tantos momentos felizes. Agradeço pela minha vida, minha família e meus amigos,

ao meu orientador, *Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri* que além de entusiasta e apoiador incondicional durante toda a jornada, esteve muito presente com paciência e cordialidade, fortaleceu minha pessoa, acreditou nas minhas aspirações e me proporcionou oportunidade de intercâmbio e estudo,

ao meu co-orientador, *Prof. Dr. Silvio Jorge Coelho Simões* que durante todo trajeto me ajudou com dedicação, compreensão e orientação,

à minha esposa *Juliana* a quem dedico este doutorado, que sempre me apoiou e incentivou para a realização de mais este passo,

aos meus filhos, *Leonardo e Lucas* a quem espero estar fortalecendo o exemplo de que sempre é dia para realizar,

aos meus pais *Osmar e Célia*, que contribuíram de maneira fundamental para a minha formação como pessoa, dão exemplos de ética, coragem e determinação e sempre incentivaram meus estudos,

à minha irmã *Cynthia* pelo carinho e inspiração à viajar pelo mundo,

aos professores e bibliotecários desta faculdade que de maneira dedicada dispensaram a sua atenção,

à todos os funcionários da Unesp e colegas da Pós Graduação com quem me relacionei, pelo respeito e acolhimento e, os quais dividiram momentos especiais durante os estudos,

às muitas sugestões, tempo e discussões dedicados em diferentes momentos desta jornada com Carlos Leite, Carlos Montovani, Daniel Teixeira, Diogo Duarte, Eymar Lopes, Feng Mao, Fábio Dantas, Herivelto dos Santos, Ricardo Haruki, Rogério Hein, Tatiana Mendes dentre muitos outros,

ao professor Dr. David Hannah pela oportunidade de intercâmbio na *University of Birmingham* e conhecimento transmitido junto à *School of Geography, Earth and Environmental Sciences*,

à SCCON Geospatial, em particular na pessoa dos meus amigos Iara Musse Felix, Murilo Oliveira, Vinicius Rissoli pelo apoio e incentivo constantes, além de possibilidade de uso da plataforma de monitoramento da SCCON, bem como à PLANET representados pelos amigos e conterrâneos Ricardo Guerra e Leonardo Machado pelo uso desta tecnologia de imagens *CubeSat*.

à Agência Nacional de Águas (ANA) por fornecer os dados fluviais no Brasil (estações convencionais e virtuais), à SCON Geospatial pelo uso da plataforma de monitoramento e a PLANET pelo acesso as imagens utilizadas nesta pesquisa.

à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa doutorado sanduiche (PDSE) processo número 88881.361975/2019-01 sendo parte do trabalho realizado na *University of Birmingham, UK*. Esta pesquisa também foi parcialmente financiada pela CAPES, código Financeiro 001.

à todos aqueles, que de maneira direta ou indireta, colaboraram para a realização desta tese.

**Muito Obrigado!**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - código financeiro 001.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,  
nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

## RESUMO

O fluxo do rio caracteriza a resposta integrada das bacias hidrográficas, sendo essencial sua quantificação para entender o ciclo de mudança da água e embasar uma gestão sustentável das águas. No entanto, as estações de medição de rios estão em declínio e as redes de observação terrestre vem diminuindo. Esta pesquisa propôs uma nova abordagem para estimar fluxos de rios usando a constelação de *CubeSats* Planet e técnicas de sensoriamento remoto, potencialmente gerando Estações Virtuais *CubeSat* (CVS) de monitoramento de vazão do rio. Além disso, a pesquisa implementou uma plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura. A área de estudo para testes dos métodos propostos foi uma sub bacia do Rio Araguaia, localizada no estado do Tocantins, que vem apresentando problemas de escassez hídrica dentro do bioma cerrado. A tese foi dividida em 2 etapas: A) determinação da relação de equivalência entre a vazão do rio e a área dos corpos d'água extraída por imagens de satélite; B) implementação de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água para agricultura com imagens de *CubeSats* Planet. Foram encontradas correlações significativas entre as áreas dos corpos d'água com a estação virtual *JASON* (JVS) ( $R^2=88,83\%$ ) e a estação convencional (CS) ( $R^2=96,49\%$ ), indicando que as imagens do *CubeSat* podem ser utilizadas na CVS para estimar a vazão do rio. A implementação da plataforma de alerta de disponibilidade de água para agricultura demonstrou amplo potencial para incorporação de indicadores globais relacionados a questões de sustentabilidade, ações de conscientização e informação para as comunidades, revelando-se promissora na antecipação de situações de escassez hídrica da região e fomentando o engajamento de diferentes atores quanto à qualidade da vazão de rios. Tem-se como ambição que esta pesquisa venha a ser replicada, podendo melhorar a gestão da água e ser utilizado no apoio à agricultura, particularmente em países onde a presença de estações convencionais é frequentemente limitada devido aos custos associados de instalação, manutenção e operação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vazão de rio. Sensoriamento remoto com dados espaço-temporal. Segurança hídrica. Nexos alimento-energia-água-uso do solo-clima. *CubeSat*. Sistemas Aeroespaciais.

## ABSTRACT

River flow characterizes the integrated response from watersheds, so its quantification is essential to understand the water change cycle and underpin the sustainable management of freshwaters. However, river gauging stations are in decline with ground-based observation networks shrinking. This project proposed a new approach to estimate river flows using the Planet CubeSats constellation and remote sensing techniques, potentially generating CubeSat Virtual river flow monitoring Stations (CVS). In addition, the study implemented a water availability alert platform for agriculture. The study area used for testing the proposed methods was a sub basin of the Araguaia River, located in the state of Tocantins, which has been experiencing water scarcity problems within the cerrado biome. The project was divided into 2 stages: A) determination of the equivalence relationship between the river flow and the water body areas extracted by satellite images; B) implementation of an alert platform for water availability for agriculture with CubeSat Planet images. Significant correlations between the water bodies areas with JASON Virtual Station (JVS) ( $R^2=88.83\%$ ) and Conventional Station (CS) ( $R^2=96.49\%$ ) were found, indicating that CubeSat images can be used in CVS to estimate river flow. The implementation of the water availability alert platform for agriculture showed wide potential for the incorporation of global indicators related to sustainability issues, awareness and information actions for communities, proving to be promising in anticipating water scarcity situations in the region and encouraging the engagement of different actors regarding the quality of river flow. The ambition is that this project will be replicated, which can improve water management and be used to support agriculture, particularly in countries where the presence of conventional stations is often limited due to the associated costs of installation, maintenance and operation.

**KEYWORDS:** River flow. Remote sensing with spatio-temporal data. Water security. Nexus food-energy-water-land use-climate. CubeSat. Aerospace Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Princípios do sensoriamento remoto óptico com as etapas do processo de aquisição e distribuição de imagens .....	28
Figura 2 – Lançamentos de <i>Cubesats</i> até final de 2021 e previsões de lançamentos até 2025	31
Figura 3 - Segmentos dos sistemas espaciais .....	32
Figura 4 - Irradiação solar por comprimento de onda no topo da atmosfera e na superfície da Terra.....	35
Figura 5a - Espectro eletromagnético e a separação de bandas espectrais de diferentes satélites ópticos (Planet, Sentinel e Landsat) .....	36
Figura 5b - Espectro eletromagnético e a separação de bandas espectrais de diferentes satélites ópticos (Spot, CBERS e Resourcesat).....	50
Figura 6 - Concepção geral da plataforma SCCON - Detalhamento dos principais blocos funcionais de processamento das informações e do banco de dados (armazenamento de informações relevantes tais como configurações, resultados e histórico de acessos), existentes na estrutura de <i>back-end</i> . Destacam-se também, no <i>front-end</i> , a interface gráfica (mapas e tabelas) e de alertas utilizadas pelos usuários e configurada conforme fluxo de trabalho. A menção ao Oracle cloud busca representar o local virtual onde a plataforma pode ser instalada (ambiente seguro e escalável); a menção à Planet visa demonstrar a capacidade de buscar dados externos em outros ambientes de nuvens configurados pelo serviço de coleta (no caso desta pesquisa imagens Planet <i>CubeSat</i> ); e a nuvem entre os ambientes de <i>back-end</i> e <i>front-end</i> representando o acesso da informação por internet, tornando a informação acessível por diferentes navegadores ( <i>browsers</i> ) e em diferentes tamanho de telas. As setas buscam demonstrar os pontos de entrada e/ou saída de conteúdo.....	39
Figura 7– Área de Estudo - Área da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, sua drenagem principal e as divisões geopolíticas estaduais. A área destacada em amarelo ilustra a sub bacia que engloba a região mais afetada por eventos de escassez hídrica e na qual estão localizadas as estações, convencional e virtual, usadas como referência para desenvolvimento de novo método para monitoramento.....	43
Figura 8 – Diagrama esquemático de hidroelétricas da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia com referência de vazão regularizada com 100% de garantia em pontos ao longo do Rio Tocantins. ....	43
Figura 9 – Localização da Estações de Referência. (A) Ampliação sobre o Rio Araguaia (centro) destacando a órbita de passagem do <i>JASON-2</i> (vermelho) sobre a drenagem superficial (azul),	

e a Estação Convencional (CS) usada como verdade terrestre (ponto rosa). A região onde ocorre a passagem do *JASON-2* sobre o Rio Araguaia é a Estação Virtual (*JVS*) distante 78 km de CS e, região utilizada para download das imagens Planet *CubeSat*; (B) Ampliação sobre o *JVS* (ponto vermelho) no Rio Araguaia (linha azul) com as 4 áreas de *buffer* utilizadas na metodologia (50 m - cinza; 250 m - amarelo; 500 m - laranja; 1000 m - vermelho). Ao fundo é apresentada a imagem PlanetScope *Surface Reflectance* (PS RS) adquirida pelo *CubeSat* da Planet do dia 20 de julho de 2018 apresentada com 50% de transparência e sobreposta pelo traçado do *JASON-2* (linha tracejada vermelha). .....45

Figura 10 –Fluxo metodológico usando imagens *CubeSat* para estimar a vazão do rio. A primeira fase é usada para reunir informações de referência para apoiar as curvas-chave. Na segunda fase são preparadas as áreas de *buffer* específicas e são selecionadas as imagens *CubeSat* para investigar a correlação entre a extensão da área inundada e o fluxo do rio. A terceira fase é usada para pré-processar as imagens selecionadas do *CubeSat* com classificação de pixels (água / não-água) com base em valores *NDVI*. Na quarta fase são calculadas as áreas inundadas para cada imagem. A última fase compreende a avaliação a análise de regressão comparando com os dados de referência (CS – Fluxo do rio; CS - Nível da água; *JVS* - Altimetria). .....46

Figura 11 –Fluxo metodológico proposto para implementação da plataforma de alerta – Etapa B. A primeira fase é a instalação do ambiente em nuvem, da plataforma SCCON e configuração da chave de acesso às imagens. Na segunda é estabelecido o local da Estação Virtual *CubeSat* e definição de período de monitoramento. A terceira fase é usada para entrada de dados dinâmicos, critérios para pré-seleção das imagens e estabelecimento do encadeamento dos processamentos. Na quarta fase é calculada a vazão do rio sobre cada imagem selecionada na fase anterior. A última fase compreende a geração dos alertas, auditoria e notificação dos usuários (gestores e agricultores cadastrados). ..... 50

Figura 12 - Estrutura de relacionamento das tabelas, variáveis e tipos de informações .....51

Figura 13 - Avaliação dos dados de referência. (a) Relação entre o nível do rio (eixo x) e vazão do rio (eixo y) medidos por CS na estação de São Félix do Araguaia / MT para o período de análises (janeiro a julho/2018). A curva azul representa a equação exponencial ( $y = 0,0026x^{2,1978}$ ) que demonstrar estar bem ajustada com  $R^2 = 1$ . (b) Relação entre a altitude (eixo x) calculadas pela *JVS* e as cotas no nível da água (eixo y) medidos pelo CS. A curva azul representa a equação linear ( $y = 128,65x - 22585$ ) com  $R^2 = 0,8501$ . Em ambas as figuras, os círculos azuis sólidos representam valores correlacionados com intervalo de 10 dias. ....57

Figura 14 - Curvas de regressão referente ao cruzamento de 3 estações de referências e 4 tamanhos diferentes de <i>buffer</i> .....	60
Figura 15 - Relação entre $R^2$ (eixo x) e os quatro tamanhos de <i>buffer</i> (eixo y) em relação ao ajuste das curvas para os três conjuntos de dados de referência ( <i>CS</i> - vazão e nível de água e <i>JVS</i> - altimetria).....	61
Figura 16 - Curva de permanência de vazão do Rio Araguaia entre 1974 e 2019 .....	63
Figura 17 - Curvas de regressão para vazão do rio ( $Q_e$ ) em relação à área inundada extraída de imagens <i>CubeSat</i> .....	64
Figura 18 - Curvas de regressão para cota ( $Le$ ) do rio em relação à área inundada extraída de imagens <i>CubeSat</i> .....	64
Figura 19 - Tela inicial para acesso à plataforma de alerta .....	65
Figura 20 - Tela inicial com apresentação de resultados em formato de mapa.....	65
Figura 21 - Representação das 3 classes de alertas (verde, amarelo e vermelho) em função da vazão detectada e respectivo aumento de senso de urgência.....	66
Figura 22 - Ferramentas complementares para apoio ao usuário .....	67
Figura 23 - Tela de gráficos ( $Q_e$ , $A_e$ ) com resultados para todo o período na estação selecionada .....	67
Figura 24 - Gráficos ( $Le$ ) com resultados para todo o período exportado em formato de figura .....	68
Figura 25 - Demonstração da interatividade no gráfico de vazão (seleção de período) e destaque na informação do dia 03/06/2018 .....	69
Figura 26 – Simulação de resultados de vazões da plataforma sem processo de controle de presença de nuvens e sem implementação do processo de auditoria .....	70
Figura 27 - Exemplo de dias que foram eliminados pelo processo de auditoria .....	70
Figura 28 – Exemplo de e-mail de notificação do alerta.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhe das medições relacionadas a <i>JVS</i> , <i>CS</i> e imagens de satélite usadas no período de análise para estimativas de vazão do rio. ....	58
Tabela 2 - Área inundada calculada nas imagens <i>CubeSat</i> dentro dos <i>buffers</i> para valores de pixel com NDVI menor que 0,15. ....	59
Tabela 3 – Dias com imagens processadas por ano e instrumentos sensores entre 2017 e 2021 .....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Perguntas centrais com análises baseadas em SIG.....	27
Quadro 2 - Sinergias do <i>New Space</i> relacionadas ao estado da arte da indústria de satélites ..	32
Quadro 3 - Regimes de vazões mínimas para garantia de adequadas de habitats e formas de vidas aquáticas, recreação e recursos ambientais relacionados. ....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGH	<i>At-station Hydraulic Geometry</i>	Geometria hidráulica da estação
AMGH	<i>At-many station Hydraulic Geometry</i>	Geometria hidráulica de múltiplas estações
ANA	<i>National water agency (Brazil)</i>	Agência Nacional de Águas (Brasil)
CS	<i>(fluviometric) Conventional Station</i>	Estação (fluviométrica) convencional
CubeSat	<i>Square-shaped miniature satellite</i>	Satélite em miniatura em forma quadrada (cubos de Rubik – 10 cm x 10 cm x 10 cm) (de 1 a 24 cubos)
CVS	<i>CubeSat Virtual Station</i>	Estação Virtual <i>CubeSat</i>
DN	<i>Digital Number</i>	Número digital
ETL	<i>Extract-Transform-Load</i>	Extrair-transformar-carregar
ESA	<i>European Space Agency</i>	Agência espacial europeia
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>	Ambiental, social e governança
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>	Protocolo de transferência de arquivos
GSD	<i>Ground Sample Distance</i>	Distância de amostra do solo
GUI	<i>Graphic User Interface</i>	Interface gráfica de usuário
IoT	<i>Internet of Things</i>	Internet das coisas
IR	<i>InfraRed</i>	Infra-vermelho
IRD	<i>National Research Institute for Sustainable Development (France)</i>	Instituto nacional de pesquisa para o desenvolvimento sustentável (França)
JASON	<i>Joint Altimetry Satellite Oceanography Network</i>	Rede oceanográfica conjunta de Altimetria por satélite
JVS	<i>JASON Virtual Station</i>	Estação virtual JASON
MDE	<i>Digital Elevation Model</i>	Modelo Digital de Elevação
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>	Administração nacional Aeronáutica e espacial
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	Índice de vegetação por diferença normalizada
ODS	<i>Sustainable Development Goals</i>	Objetivos do desenvolvimento sustentável
ONU	<i>United nations</i>	Organização das Nações Unidas
OSM	<i>Open Street Map</i>	Projeto de mapeamento colaborativo do mundo (mapa livre e editável)
PLANET	<i>Planet Labs Inc.</i>	Empresa Planet Labs
PNSH	<i>National water security plan</i>	Plano Nacional de Segurança Hídrica
SIG	<i>Geographic information system</i>	Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS	<i>Geocentric reference system for the Americas</i>	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>	Arquitetura orientada à serviços
SR	<i>Remote sensing</i>	Sensoriamento Remoto
SWIR	<i>Short-Wave InfraRed</i>	Infravermelho de ondas curtas
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>	Erro médio quadrático
RS	<i>Surface reflectance</i>	Reflectância de Superfície
TerraMA <sup>2</sup>	<i>Platform for early warning systems</i>	Plataforma para sistemas de alerta precoce
TOA	<i>Top of Atmosphere</i>	Topo da atmosfera
WCS	<i>Web Coverage Service</i>	Serviços de cobertura da <i>Web</i> (bases geográficas raster)
WFS	<i>Web Feature Service</i>	Serviços de recursos da <i>Web</i> (bases geográficas vetoriais com atributos)
WGS84	<i>World Geodetic System</i>	Sistema geodésico mundial

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	22
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
1.3	CONTRIBUIÇÃO DA TESE.....	22
1.4	ESTRUTURA DA TESE.....	23
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>24</b>
2.1	VAZÃO .....	24
2.2	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) E SENSORIAMENTO REMOTO (SR).....	26
<b>2.2.1</b>	<b>CubeSats.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Plataforma de Monitoramento .....</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>41</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	41
3.2	ETAPA A - DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO DE EQUIVALÊNCIA ENTRE A VAZÃO DO RIO E ÁREA DOS CORPOS HÍDRICOS USANDO IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL ..	44
<b>3.2.1</b>	<b>Método para estimar fluxos de rio usando imagens Planet <i>CubeSat</i>.....</b>	<b>46</b>
3.3	ETAPA B – IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE ALERTA PARA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA A AGRICULTURA USANDO IMAGENS <i>CUBESAT</i> .....	48
<b>3.3.1</b>	<b>Método para operacionalizar a plataforma de alerta para disponibilidade de água .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Cálculo de indicadores relacionados à vazão do rio.....</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
4.1	RESULTADOS DA ETAPA A .....	57
4.2	RESULTADOS DA ETAPA B .....	62
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>73</b>
5.1	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ETAPA A .....	73
5.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ETAPA B.....	77
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>
6.1	SUGESTÃO DE PESQUISAS FUTURAS .....	82
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>84</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>95</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>96</b>
	<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a expansão da fronteira agrícola acentuou-se significativamente nos últimos vinte anos, sendo o cerrado um dos biomas com maior produção e exportação agropecuária do mundo (BRASIL, 2014; BRASIL, 2015a; CHO *et al.*, 2021). Esta expansão tem sido acompanhada por grandes degradações do bioma e impactos ambientais em fontes de água. Embora os impactos ambientais tenham sido muito maiores no cerrado do que nas florestas tropicais, o cerrado tem recebido pouca atenção internacional. Mais de 60% da área do cerrado foi transformada com o desmatamento e expansão das fronteiras agrícolas. Nenhum outro bioma do mundo foi destruído tão rapidamente ao longo da história humana (LATRUBESSE *et al.*, 2009; OLIVEIRA; GOMES DA SILVA; CAMPOS FILHO, 2021). Dentro deste cenário de alterações dramáticas, a região do Rio Araguaia, que concentra uma das principais drenagens do cerrado, requer monitoramento constante.

Planejar o uso deste território de forma sustentável por meio do monitoramento e orientação do uso da terra, convergindo e aperfeiçoando potenciais produtivos com inclusão social e eficiência na conservação dos ecossistemas, é de fundamental importância para economia do século XXI e nos últimos anos tem se tornado mais populares pelo uso da sigla em inglês *ESG (Environmental, Social and Governance)* (GARCIA; MENDES-DA-SILVA; ORSATO, 2017; PATTERSON *et al.*, 2022).

O clima, alimento, energia, água e o uso da terra estão inextricavelmente interligados por meio de um processo denominado *nexo* (BYERS, 2015; MIRALLES-WILHELM, 2016; ZHANG; VESSELINOV, 2017) e requerem ferramentas de modelagem integradas cobrindo certas escalas espaciais e temporais e a aplicação de diferentes relacionamentos matemáticos (MANNSCHATZ; WOLF; HÜLSMANN, 2016), pois ao se pressionar uma parte do “nexo” pode-se criar pressões sobre os outros e o gerenciamento é fundamental para garantir o uso eficiente de recursos naturais escassos.

No cerrado brasileiro, algumas áreas já vêm sofrendo, na prática, desequilíbrio ambiental (INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS, 2017; CHO *et al.*, 2021; PATTERSON *et al.*, 2022) e uma peça chave na sustentabilidade e reequilíbrio do *nexo* água-energia-alimento-uso-do-solo-clima é garantir que os métodos de melhores práticas e as abordagens sejam implementadas no planejamento e na tomada de decisões (BYERS, 2015). Isso gera a necessidade de aumentar a conscientização, ampliar a capacidade de uso de dados interdisciplinares e modelagem matemática para o planejamento integrado, identificação de

pontos de alerta para avaliação de escolhas (*trade-offs*) e sinergias no desenvolvimento de soluções (MIRALLES-WILHELM, 2016).

Estes pontos de alerta para escolhas e o desenvolvimento de soluções, são convergentes com uma estrutura de aprendizagem coletiva proposta por Heikkila e Gerlak (2013) no estabelecimento de políticas onde uma “arena de aprendizagem” permite que informações sejam adquiridas das mais diversas perspectivas como contextos coletivos que envolvem estrutura das instituições, dinâmica social e domínios tecnológicos e funcionais; se relacionando com processos de aprendizagem coletiva, responsável por adquirir, transformar e disseminar informações (função que pode ser desempenhada por uma plataforma de monitoramento); e com processos de aprendizagem individual e além de fatores exógenos (mudanças políticas, sociais e econômicas), gerando assim, produtos de aprendizagem coletiva tanto cognitivos (crenças e valores) como comportamentais (diretrizes e estratégias) para influenciarem e transformarem configurações coletivas tais como normas, regulamentações e leis. Isso tudo, acaba se tornando um ciclo, e que nos dias de hoje, visam apoiar o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável.

No Brasil, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) são os instrumentos que visam assegurar a disponibilidade da água. Porém, não existe uma plataforma de alerta capaz de apoiar a agricultura por meio da geração de alertas de disponibilidade de água em diversas sub bacias, de modo que possam identificar influências mais amplas e impactos intersetoriais precocemente, com capacidade de gerar informações confiáveis, precisas, oportunas e sustentáveis.

Assim, tornam-se necessários estudos capazes de desenvolver uma metodologia que amplie a capacidade de informações precisas e oportunas com uso de tecnologia de Sensoriamento Remoto (SR) ( SMITH, L. C. ; PAVELSKY, 2008; GLEASON, C. J.; SMITH; LEE, 2014; SICHANGI *et al.*, 2016;) para apoiar os agricultores, especialmente relacionadas à disponibilidade de água de forma simples e intuitiva.

O avanço tecnológico das últimas décadas favoreceu o desenvolvimento de vários satélites de monitoramento terrestre-ambiental, os quais possibilitam em escala global, regional ou local, a coleta de dados (quantitativos e qualitativos) sobre o grau de alteração do meio ambiente (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009). Este tipo de informação, baseada em SR, permite uma compreensão continuada e mais ampla da disponibilidade de água com fortes implicações para gerenciamento de recursos hídricos, segurança agrícola, estudos de ecossistemas e geopolítica (GLEASON, C. J.; SMITH, 2014).

Como área proposta para esta pesquisa, foi selecionada a sub bacia do Araguaia, dentro do estado do Tocantins, uma vez que devido à forte expansão da agricultura intensiva, impactos das mudanças climáticas e outras características, a região vem sofrendo grave degradação ambiental com risco para o abastecimento humano e dessedentação animal (INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS, 2017; LAURIS, 2019). Desta forma, essa tese busca abranger o desenvolvimento de princípios, algoritmos e formulação de modelos para apoiar no entendimento e avaliação de método alternativo para criação de estações virtuais de medição de vazão e auxiliar na implementação de abordagens nexos, por intermédio de uma perspectiva de uma plataforma de alertas para a vazão de rios em relação à disponibilidade de água, com uso de imagens de satélite de alta temporalidade e resolução espacial.

Essa pesquisa aborda questões de importância global destacados pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030 para proteger o planeta centrado no objetivo do desenvolvimento sustentável 6 (ODS 6) (assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água) mas por ser um estudo multidisciplinar inclui pontos de interface com os ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (produção e consumo responsáveis), ODS 13 (mudanças climáticas), ODS 14 e 15 (conservação da biodiversidade, respectivamente vida na aquática e na terrestre) e ODS 17 (cooperação) com o desenvolvimento sustentável, sendo portanto mais uma contribuição para uma oportunidade histórica de ajudar a garantir um planeta mais próspero.

Esta abordagem multidisciplinar permite, ainda, o uso de técnicas de geovisualização para melhor compreensão da realidade da área de estudo, oferecendo capacidade de replicação e maior apoio na formulação de políticas com vistas ao equilíbrio e sustentabilidade.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho objetiva o desenvolvimento metodológico e tecnológico para determinar a vazão de água em um trecho da bacia do rio Araguaia no Estado do Tocantins, incorporando uma plataforma de monitoramento e alerta quanto a disponibilidade de água. Essa plataforma será baseada em um método de análise de informações de imagens de satélite, com alta resolução espacial (3 metros ortorretificado) e temporal (diária), com o objetivo de determinar a vazão do rio, permitindo assim, sinalizar ponto crítico para uso em irrigação. A pesquisa emprega como área de estudo a sub bacia do Araguaia dentro do Estado do Tocantins e o sistema apresenta correlação com os esforços de estabelecimento de modelos conceituais que melhor interpretem o nexo água-alimento-uso do solo.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecimento de correlação espacial entre vazão de rio e área inundada extraída por imagens de satélite com alta resolução espacial e temporal.

- Desenvolvimento, implementação e demonstração de uma plataforma dinâmica de análise e alerta para disponibilidade de água a partir de dados de imagens de satélite ópticas de alta temporalidade.

## 1.3 CONTRIBUIÇÃO DA TESE

As principais contribuições deste trabalho são:

- Desenvolver uma nova abordagem para estimar fluxos de rios usando SR a partir de imagens Planet *CubeSat* a qual possibilita monitorar diariamente pequenas sub bacias. Esta abordagem é importante pois permite melhor capacidade de gestão do recurso hídrico, a partir de métodos de SR, principalmente em países em desenvolvimento, onde a presença de estações fluviométricas convencionais é reduzida em especial nas pequenas e médias bacias hidrográficas.
- Implementar uma plataforma dinâmica de análise e alerta para disponibilidade de água a partir de imagens de satélite de alta temporalidade, oferecendo maior apoio na formulação de políticas públicas com vistas ao equilíbrio e sustentabilidade dentro do bioma cerrado. Além disso, a solução pode ser facilmente replicada para outros pontos

de análise ampliando a capacidade de gestão em diferentes sub bacias (desde pequenas bacias, bacias regionais até grandes bacias continentais) e, potencialmente a posteriori, incluindo capacidade de desenvolvimento de gestão de outros parâmetros da qualidade de água como sedimentos em suspensão, poluição e clorofila A e B.

#### 1.4 ESTRUTURA DA TESE

O capítulo 2 apresenta uma revisão de artigos sobre vazão, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e SR. Estes tópicos são analisados com foco nos métodos empregados e aplicabilidades para a solução proposta. Neste capítulo é fornecida ainda uma breve contextualização da região de estudo.

Para o capítulo 3 são abordados o material e o método da presente pesquisa. São detalhadas as principais fontes de dados utilizadas, abordagens metodológicas aplicadas e desenvolvimento realizados em cada etapa. A primeira parte é dedicada ao estabelecimento de correlação espacial entre vazão de rio e área inundada extraída por imagens de satélite de alta temporalidade, demonstrando esforços para otimizar os recursos computacionais ao método proposto. A segunda parte apresenta como a plataforma dinâmica de análise e alerta foi implementada, bem como sua possibilidade de customização e expansão.

No capítulo 4 são apresentados os resultados de cada uma das duas etapas deste trabalho utilizando as metodologias desenvolvidas e selecionadas. As validações dos resultados alcançados são apresentadas com detalhamento das técnicas estatísticas aplicadas.

A discussão dos resultados é discorrida no capítulo 5, no qual os resultados de cada etapa são avaliados com vistas à revisão bibliográfica bem como é discutida a abrangência geral da solução proposta e sua correlação com os esforços de estabelecimento de modelos conceituais que melhor interpretem onexo água-alimento-uso do solo.

O capítulo 6 considera as principais contribuições do trabalho em uma abordagem multidisciplinar, destacando sua relevância no tema, além de fornecer algumas sugestões para trabalhos futuros e sugestões para apoio na formulação de políticas públicas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre diversos temas investigados para elaboração completa desta pesquisa, a delimitação da revisão bibliográfica foi focada nos seguintes pontos: vazão; SIG e SR; e um contexto da região de estudo utilizada para avaliação dos métodos propostos.

### 2.1 VAZÃO

A medição de vazão em cursos d'água é caracterizado pelo volume de água que passa por uma determinada seção de um rio dividido por um intervalo de tempo, sendo normalmente realizada de forma indireta, a partir da medição de velocidade ou de nível (SANTOS *et al.*, 2004). O comportamento hidrológico de um curso d'água ou de uma bacia exige uma série destas medições e o monitoramento conveniente das águas superficiais, com a entrega de dados sobre sua dinâmica, são essenciais para os processos políticos e de tomada de decisão (SARP; OZCELIK, 2017).

Neste contexto, o maior conhecimento da vazão do rio (também referido como fluxo, escoamento ou descarga) é vital pois quantifica o volume de recursos hídricos disponíveis para consumo humano e a quantidade de água que pode ser direcionada em uma bacia hidrográfica (TUCCI, 2005; DURAND *et al.*, 2016;).

No Brasil, o levantamento de informações necessárias à hidrologia remonta ao ano de 1855 com a primeira estação pluviométrica de Morro Velho, e de 1902 para a primeira estação fluviométrica do rio Negro, em Manaus; entretanto, a coleta de dados hidrológicos de maneira organizada começou a ocorrer somente em meados de 1920 com a Comissão de Estudos de Forças Hidráulicas voltados primordialmente para fins de estudos de aproveitamento hidráulico (BRASIL, 2009). Atualmente, a base de dados hidrológicos é administrada pela Agência Nacional de Águas (ANA), que disponibiliza informações hidro-meteorológicas em tempo real para consulta ao público em geral. Estas informações são encontradas no ambiente Hidroweb o qual pode ser consultado nos endereços eletrônicos <http://gestorped.ana.gov.br> ou <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>.

A medição de vazão é um processo caro, o que impede medições muito frequentes. Em função disso, as medições de vazão são realizadas por curtos períodos, com o objetivo de determinar sua relação com o nível da água do rio em uma seção, também conhecida como curva-chave (SANTOS *et al.*, 2004) como forma de gerar medidas indiretas da vazão. Nos últimos anos, a integração de dados de SR com SIG vem sendo utilizada na extração e

mapeamento automático ou semiautomático de corpo de água (ALSDORF; RODRÍGUEZ; LETTENMAIER, 2007; WILSON *et al.*, 2007; SMITH, L. C.; PAVELSKY, 2008; NATH; DEB, 2010; YANG *et al.*, 2011; JIANG *et al.*, 2012; BAHADUR; SAMUELS, 2013; TULBURE; BROICH, 2013; FEYISA *et al.*, 2014; GLEASON, C. J.; SMITH; LEE, 2014; ASHRAF; NAWAZ, 2015; LETTENMAIER *et al.*, 2015; MUSA; POPESCU; MYNETT, 2015; JOSHI *et al.*, 2016; HOU *et al.*, 2017; KAPLAN; AVDAN, 2017; SARP; OZCELIK, 2017; BOGNING *et al.*, 2018; HUANG *et al.*, 2018; PÔSSA *et al.*, 2018; AHMAD; KIM, 2019; ANH; AIRES, 2019; MORAMARCO *et al.*, 2019), o que permite a geração de uma nova coleção de informações para investigação dos recursos hídricos, além de ajudar na previsão e planejamentos cada vez mais rápidos e precisos. A ampliação das informações é parte de uma iniciativa para gerenciar de forma adaptativa o risco hidrológico e mitigar a emergente crise global da água (UNESCO, 2011).

A geometria hidráulica em uma estação (AGH – *At-stations hydraulic geometry*) foi primeiramente discutida por Leopold e Maddock (1953) e baseia-se em algumas características hidráulicas de rios (profundidade, largura, velocidade e carga suspensa), os quais podem ser medidas quantitativamente e variam com a descarga, como funções do tipo potência em uma dada seção transversal do rio. As funções derivadas para uma determinada seção transversal e entre as várias seções transversais ao longo do rio diferem apenas em valores numéricos de coeficientes e expoentes e são descritas (LEOPOLD; MADDOCK, 1953) nas equações (1) a (4):

$$w = aQ^b \quad (1)$$

$$d = cQ^f \quad (2)$$

$$v = kQ^m \quad (3)$$

$$L = pQ^j \quad (4)$$

nas quais,  $w$  = *width* (largura),  $d$  = *mean depth* (profundidade média),  $v$  = velocidade média,  $L$  = *suspended-sediment load* (carga de sedimentos suspensos),  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $f$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $m$ ,  $p$  são constantes numéricas tratadas empiricamente considerando o melhor ajuste e  $Q$  = vazão ou descarga d'água medidos em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ). Estas equações (1 – 4) são tratadas pelo termo geometria hidráulica em cada seção transversal e são frequentemente usada em SR de rios (DURAND *et al.*, 2016).

Recentemente (GLEASON; SMITH, 2014), sustentando que os coeficientes e expoentes no AHG tradicional são estáveis e previsivelmente relacionados para um determinado rio,

utilizaram-se de SR para calcular vazões de rio, demonstrando que a geometria hidráulica em múltiplas observações de larguras transversais em um trecho do rio (*AMGH - At-many station Hydraulic Geometry*) permite calcular a vazão de rios naturais neste trecho. As suposições básicas do algoritmo de vazão é baseada no fato de que os parâmetros AHG são constantes no tempo e que a massa é conservada (GLEASON; WANG, 2015).

Portanto, ao assumir que as seções transversais apresentam uma descarga comum para um dado tempo de observação da largura do rio, pode-se gerar uma série temporal de larguras de rio detectadas remotamente com uso de imagens de satélite, permitindo a simplificação sem qualquer conhecimento a priori.

Vale ressaltar que existe um esforço humano necessário para instalar, manter e calibrar rotineiramente medidores de fluxo, motivo pelo qual uma melhor compreensão do processo do ciclo da água em grande escala é essencial para sustentar o desenvolvimento socioeconômico e gerenciar de forma sustentável os ecossistemas dependentes de água (HANNAH *et al.*, 2011; HUANG *et al.*, 2018; KINGSTON *et al.*, 2020). O fluxo do rio caracteriza a resposta hidrológica integrada e a produção de água das bacias hidrográficas. No entanto, existe uma distorção na distribuição espacial dos medidores de vazão para cursos d'água uma vez que são mais facilmente acessíveis próximos das áreas urbanizadas (HAGEMANN; GLEASON; DURAND, 2017) e as estações fluviais estão em declínio, com a redução das redes de observação terrestre (HANNAH *et al.*, 2011; DIXON *et al.*, 2020), tornando-se importante melhorar tanto as fontes de dados (quantidade de pluviômetros), como o acesso às informações geradas, de forma a poder avaliar, prever e adaptar aos efeitos das mudanças climáticas globais.

## 2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) E SENSORIAMENTO REMOTO (SR)

De acordo com Demers (2005), a primeira utilização de computador para apoio a cartografia remonta 1959 com Waldo Tobler, tornando possível converter mapas em um formato manipulável por computador, o qual permitiu a manipulação do arquivo para produzir novos mapas como saída. Isso representou os primeiros passos para a implementação do SIG, que conceituaram a vinculação de dados geográficos com atributos usando o auxílio do computador para produzir análises. O primeiro SIG foi atribuído à Roger Tomlinson (pai do SIG) com a implementação, na década de 1960, de um sistema para monitorar e gerenciar recursos naturais no Canadá (DEMERS, 2005; CHACÓN *et al.*, 2006).

Os SIGs, ao longo do tempo, vem reunindo um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, classificar, recuperar, processar, analisar e exibir dados espaciais do mundo real para as mais diversas finalidades (MARTIN *et al.*, 2005) e são ferramentas computacionais que permitem análises de dados para responder a diferentes perguntas centrais (Quadro 1).

Quadro 1 - Perguntas centrais com análises baseadas em SIG.

<b>Análise</b>	<b>Pergunta Principal</b>
Condição	O que está
Localização	Onde está...?
Tendência	O que mudou...?
Roteamento	Por onde passar...?
Padrões	Qual o padrão ?
Modelos	O que acontece se...?
Temporal	Qual a dinâmica de...?

Fonte: Adaptado de Santos *et al.*, (2014).

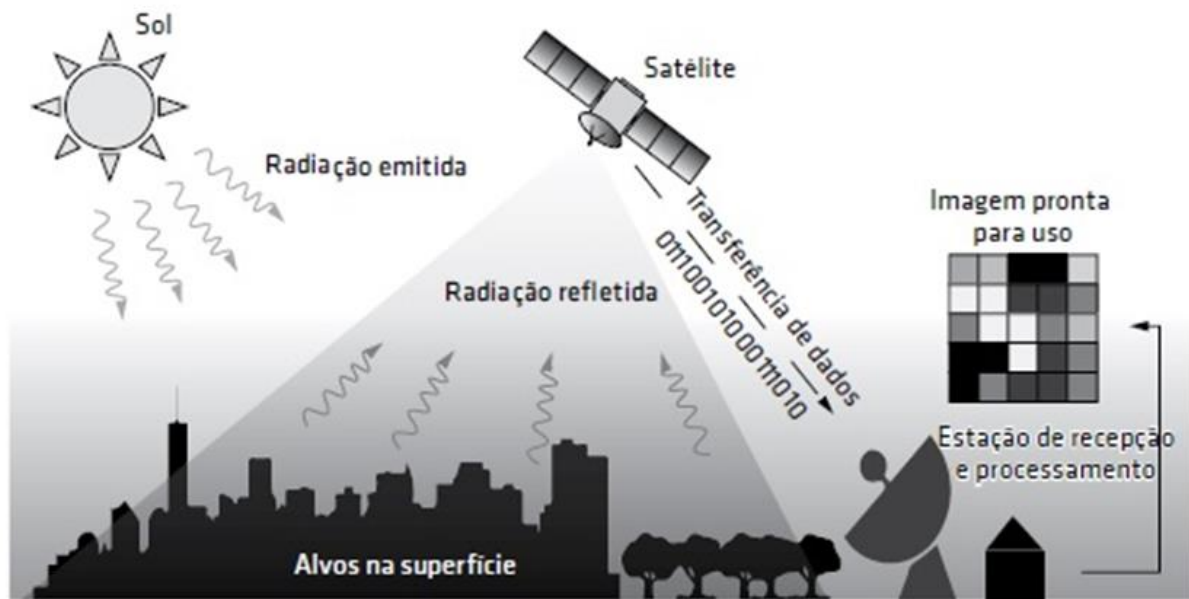
Dentro do SIG, o conceito de “lugar” é tratado como um conjunto de medidas que permite especificar um lugar de forma inequívoca em um sistema de coordenadas (SMITH; GOODCHILD; LONGLEY, 2007) sendo empregado os formatos mais comuns na representação de um lugar, quando avaliado em duas dimensões, os modelos vetoriais (ponto, linha e polígono) e o modelo *raster* (DEMERS, 2005).

A forma de representação dos objetos e a interação entre estas formas dentro do SIG permitem diferentes abordagens na análise de problemas do mundo real (GOODCHILD, 2010). Especialmente na área de hidrologia, o SIG vem proporcionando inúmeros avanços pelo uso destas representações para retratar as mudanças relacionadas à hidrosfera, além de fazer uso de outros conceitos inerentes ao SIG, tais como topologias e redes para melhor analisar perguntas centrais relacionada à temática da água. Entretanto, apesar de tantos avanços no uso de SIG, um dos principais desafios está relacionado a modelagem hidrológica devido à fraca cobertura espaço-temporal das bases de dados de descargas *in situ*, as quais têm diminuído continuamente nas últimas décadas (HANNAH *et al.*, 2011; TOURIAN; SCHWATKE; SNEEUW, 2017).

Além da capacidade de manipulação do uso de informações geográficas gerados com o aprimoramento do SIG, outra área que apresentou um forte desenvolvimento nas últimas décadas foram as aplicações de SR. A definição de SR ou detecção remota é dada por um conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos através do registro da

interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por sensores distantes, ou remotos (Figura 1). A quantidade e qualidade da energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos torna-se base de dados para todo o processo de interpretação e extração de informações relacionado as propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos. Esta informação adquirida por um satélite óptico é transferida para estações recepção terrestres na forma de cenas ou imagens.

Figura 1 - Princípios do sensoriamento remoto óptico com as etapas do processo de aquisição e distribuição de imagens.



Fonte: Zanotta; Ferreira; Zortea (2019).

Os sensores utilizados para SR podem adquirir dados no nível sub orbital, quando são acoplados em aeronaves ou mantidos ao nível do solo, e orbitais, quando estão acoplados em satélites dos mais diferentes dimensões e órbitas (MORAES, 2002).

Depois de quase 65 anos do lançamento do Sputnik I, o primeiro objeto feito pelo homem e colocado em órbita no ano de 1957, a capacidade de colocar instrumentos para SR em órbita cresceu em quantidade e em variedade de aplicações redefinindo nossa perspectiva da Terra e também de como descrevemos muitos processos dinâmicos (MCCABE *et al.*, 2017).

Especialmente na área de SR óptico por satélite, uma importante constelação de satélites que vem ajudando a trazer os registros de mudança nos processos que ocorrem na Terra desde 1972 são os sensores multiespectrais da missão Landsat. Nestes últimos quase 50 anos, os sensores a bordos dos satélites Landsat capturaram imagens da superfície da Terra de forma

remota e permitiram aos cientistas a criação de inúmeros índices e tipos de medições (WULDER *et al.*, 2008).

As melhorias que ocorreram ao longo das missões Landsat 1 até o Landsat 9 expressam um pouco das mudanças que ocorreram neste setor, substituindo sistemas analógicos por sistemas digitais, alcançando melhores resoluções espaciais, neste caso de 80 para 15 metros (para a banda pancromática), melhores resoluções radiométricas mudando de 64 para 4096 níveis de quantificação, larguras de bandas mais bem definidas além do aumento do número de bandas.

A demanda de melhores resoluções temporais associada a melhores resoluções espaciais começaram a ser endereçadas por sistemas multi-sensor com a implementação dos satélites comerciais tais como RapidEye (cinco satélites) e WorldView (quatro satélites) a partir de 2009 (HOUBORG; FISHER; SKIDMORE, 2015), porém, somente a partir de 2017, com o uso de constelações de pequenos satélites, conhecidos como *CubeSat* (mais de duzentos satélites), é que foi possível a aquisição de imagens para cobertura completa das superfícies terrestres da Terra diariamente (MCCABE *et al.*, 2017). A exploração dos avanços tecnológicos na miniaturização de sensores, redução de consumo de energia e maior vida útil das baterias permitiram produzir plataforma de satélites menores, mais eficientes e mais baratas do ponto de vista de construção e lançamento (NAGEL; NOVO; KAMPEL, 2020).

As características aprimoradas para os sensores são geralmente implementadas para aumentar a precisão potencial de classificação e extração de informações das imagens em relação aos objetos (VERDE *et al.*, 2018) suportadas por aumento da resolução temporal, com aquisições de imagens com angulações mais próximas, frequências diárias ou sub diárias, plataformas multi-sensores (MCCABE *et al.*, 2017; HUANG *et al.*, 2018; NAGEL; NOVO; KAMPEL, 2020), que aumentam a capacidade de acompanhamento de mudanças. No entanto, o aumento no volume de dados causado por essas melhorias levanta desafios associados à seleção, armazenamento e processamento desses dados, levando a análise econômica e oportuna do conjunto de dados a ser utilizado.

O SR ampliou as fontes de informações voltadas para analisar e fornecer dados sobre as mudanças nos diferentes recursos terrestres e, em particular, em águas superficiais. Portanto, o uso de SIG e SR, em uma visão multidisciplinar, cada vez mais amplia a possibilidade de entendimento dos processos hidrológicos que ocorrem em diferentes escalas espaço-temporais e com dinâmicas próprias associadas, facilitando assim a caracterização da variabilidade do sistema hidrológico (KINGSTON *et al.*, 2020) apoiado pelo aumento do poder de computação,

a maior disponibilidade de dados de SR (LETTENMAIER *et al.*, 2015; MCCABE *et al.*, 2017) e por novas e intuitivas plataformas de monitoramento dinâmicos.

### 2.2.1 CubeSats

As plataforma formada por *CubeSats* se tornaram uma inovação importante no setor espacial sendo usadas para diversas aplicações espaciais, como educação, SR da Terra, ciência e defesa (VILLELA *et al.*, 2019) sendo diretamente relacionada ao ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura com ações voltadas para a proteção do planeta.

Os CubeSats pertencem a um cenário onde novos campos da economia espacial estão surgindo, também denominado como *New Space*, e que busca a especialização por aplicações com uso de conhecimentos multidisciplinares. As indústrias espaciais nascentes incluem voos espaciais tripulados, serviço de satélite, veículos de transferência orbital, estações espaciais comerciais, fabricação no espaço, dentre outros no espaço cislunar, lunar e marciana (KULU, 2021).

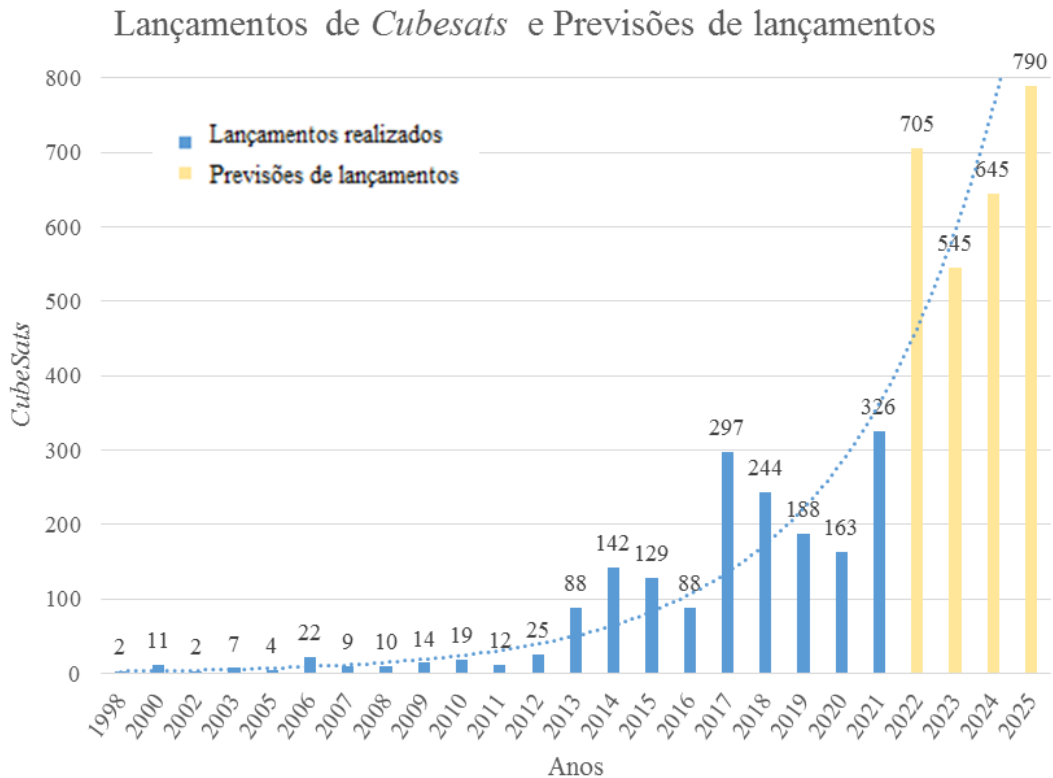
Aliado a isso, a publicação em 2017 de uma norma ISO (ISO-19683:2017 - *Space systems: Design qualification and acceptance tests of small spacecraft and units*) aponta uma tendência mundial e o interesse de diversos setores em utilizar esse tipo de artefato para as mais variadas aplicações (BRASIL, 2018; VILLELA *et al.*, 2019), trazendo consigo várias oportunidades que podem ser exploradas pelo setor espacial brasileiro, principalmente por empresas (BRASIL, 2018) e a administração pública.

Dentro deste ambiente do *New Space*, os desenvolvimentos recentes em plataformas de SR, especialmente os *CubeSats*, facilitam com a alta resolução espaço-temporal a detecção e o monitoramento de fenômenos potencialmente importantes, mas transitórios, que ocorrem na superfície da Terra, preenchendo as lacunas onde as plataformas anteriores foram incapazes de fornecer esses dados (PAUL *et al.*, 2020).

Os *CubeSats* tiveram os primeiros desenvolvimentos em ambiente educacional, incentivado para o uso de componentes comerciais de prateleira (COTS) e a redução do número de testes, sendo atualmente guiados por especificações na sua concepção no que se refere à sua forma física e funcional (CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE, 2020). O termo *CubeSat* é usado para descrever um pequeno satélite cuja forma de unidade básica é um cubo de aresta de 10 cm, ou seja, 1U. As unidades *CubeSat* podem ser colocadas juntas para formar artefatos maiores, como 2U, 3U, 6U e assim por diante.

O número de *Cubesats* com até 50 kg, lançados nos últimos anos, com diferentes funcionalidades e sensores, bem como uma previsão realizada pelo site *Nanosats Database* ([www.nanosats.eu](http://www.nanosats.eu)) até 2025 mostra uma tendência exponencial de crescimento do setor aeroespacial (Figura 2).

Figura 2 – Lançamentos de *Cubesats* até final de 2021 e previsões de lançamentos até 2025.



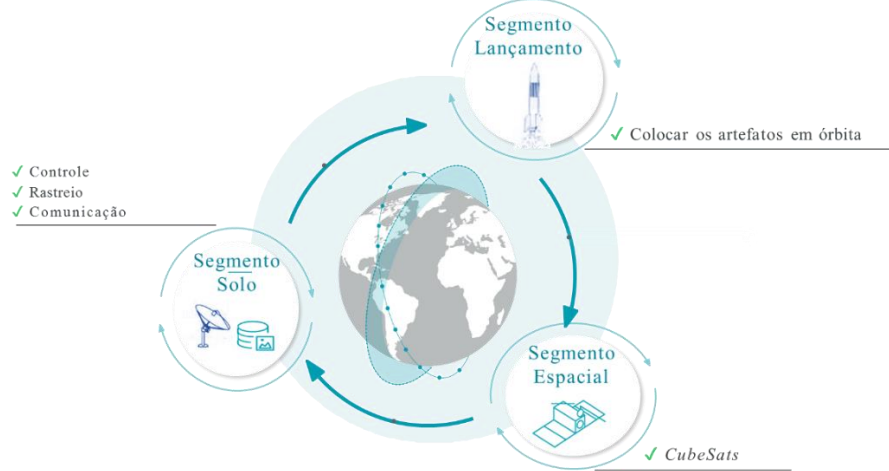
Fonte: *Nanosats* (2022) <sup>1</sup>.

A partir deste ponto, esta revisão irá focar na à constelação de *CubeSats* comerciais da empresa Planet Labs PBC, que atualmente é a maior constelação de satélites para SR orbital óptico em funcionamento no mundo.

A Planet utiliza uma abordagem baseada em "design rápido" (PLANET, 2020) para manter suas constelações de satélites, com uma atuação integrada nos 3 segmentos dos sistemas espaciais que envolvem a operacionalização de constelações de satélites e que envolvem o segmento solo, o segmento de lançamento e o segmento espacial (Figura 3), além de, desenvolvimento de uma plataforma baseada na *Web* para processamento e entrega de imagens (<https://www.planet.com/products/explorer/>).

<sup>1</sup>Lançamentos de *Cubesats* até final de 2021 e previsões de lançamentos até 2025. Disponível em: [www.nanosats.eu](http://www.nanosats.eu). Acesso em 01 jan. 2022.

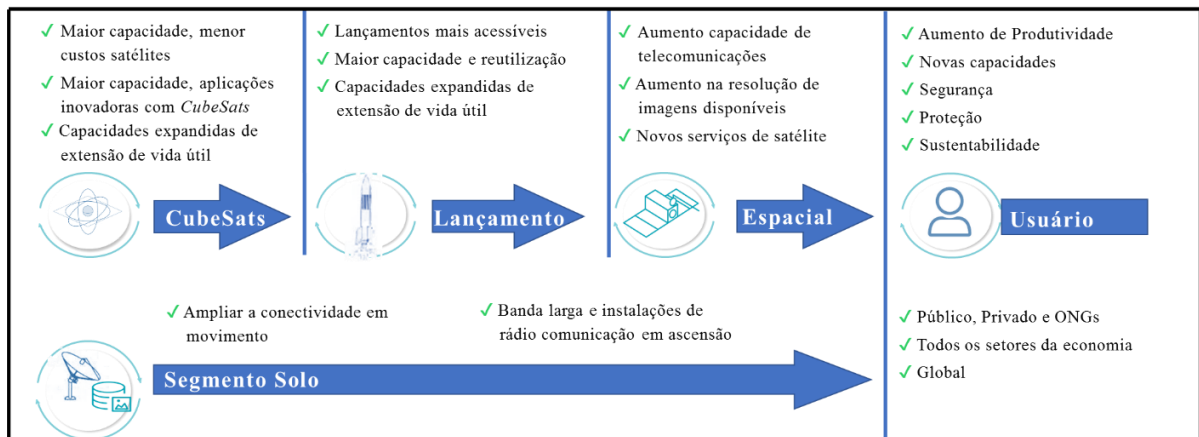
Figura 3 - Segmentos dos sistemas espaciais.



Fonte: Adaptado de Planet (2021a).

A atuação neste *New Space* pela Planet apresentou ganhos de acessibilidade e produtividade somados a novas capacidades que foram capturadas em um relatório da empresa BryceTech ([www.brycetech.com](http://www.brycetech.com)) preparado para entender o estado da arte da indústria de satélites (BRYCETECH, 2021). Dentre estes pontos destacam-se a maior capacidade com menores custos além, da possibilidade de, aplicações inovadoras relacionada aos *CubeSats*; o aproveitamento de uso de lançamentos mais acessíveis; a melhoria de capacidades de comunicação implementadas nas plataformas *CubeSats* integradas com maior capilaridade e conectividade das estações de solo para alcançar o usuário final na criação de novas aplicações em diferentes setores da economia, com maior produtividade e levando em consideração muitos critérios de sustentabilidade (Quadro 2).

Quadro 2 - Sinergias do *New Space* relacionadas ao estado da arte da indústria de satélites.



Fonte: Adaptado de BryceTech (2021).

A constelação *CubeSat* da Planet de alta resolução, consiste em mais de 180 pequenos satélites (3U – 10x10x30 cm), que orbitam a Terra a uma altitude de aproximadamente 475 km (450 - 580 km), seguindo um ao outro em duas órbitas quase polares de aproximadamente 8° (órbita descendente) e 98° (órbita ascendente) de inclinação, respectivamente, permitindo com isso, a visualização da Terra durante o período da manhã (9 h 30 min - 11 h 30 min horário local) (PLANET, 2020). A distância ao longo da órbita entre os *CubeSats* é construída de forma que a progressão longitudinal entre eles sobre a rotação da Terra conduza à varredura da superfície. Assim, a constelação completa fornece cobertura diária sincronizada com o sol em toda a superfície da Terra (exceto o buraco polar) com a resolução de 3,7 metros no nadir (Distância de Amostra do Solo – *Ground Sample Distance* - *GSD*), resolução radiométrica de 12 bits (4096 níveis) e 4 bandas espectrais (Azul [455 - 515 nm], Verde [500 - 590 nm], Vermelho [590 - 670 nm] e Infravermelho Próximo (NIR) [780 - 860 nm]) para os instrumentos *Dove Classic* (identificado como PS2) lançados a partir de fevereiro de 2017 (PLANET, 2021b).

Atualmente a constelação *CubeSat* da Planet possui instrumentos lançados posteriormente com filtros mais seletivos como os encontrados nos instrumentos *Dove-R* (identificado como PS2.SD) para as bandas espectrais do Azul [464 – 517 nm], Verde [547 - 585 nm], Vermelho [650 - 682 nm] e NIR [846 - 888 nm] e mais recentemente, vem lançando instrumentos *SuperDove* (identificado como PSB.SD) com maior número e conseqüentemente especialização das bandas espectrais. As 8 bandas oferecidas pelos instrumentos PSB.SD são: Azul Costeiro [431 - 452 nm], Azul [465 - 515 nm], Verde I [513 - 549 nm], Verde II [547 - 583 nm], Amarelo [600 - 620 nm], Vermelho [650 - 680 nm], *Red-Edge* [697 - 713 nm] e NIR [845 - 885 nm].

As imagens podem ser baixadas do portal Planet (<https://www.planet.com/explorer>) mediante uso de licença comercial que é restrita por período e região através de uma chave eletrônica (*API key*). As imagens são disponibilizadas em três formatos *raster*: (a) PlanetScope (PS) com número digital (*DN*)<sup>2</sup> comumente representado por uma imagem não calibrada em unidades fisicamente significativas; (b) PS com refletância do topo da atmosfera (*TOA*)<sup>3</sup> que é a refletância medida por um sensor baseado no espaço voando mais alto do que a atmosfera da Terra (calibrado para uma imagem de radiância) e (c) PS com refletância de superfície (*RS*)<sup>4</sup> que é a imagem de radiância atmosférica corrigida e pronta para ser usada para extrair

---

<sup>2</sup> Nível de processamento 1B

<sup>3</sup> Nível de processamento 3B

<sup>4</sup> Nível de processamento 3B

informações quantitativas sobre recursos na superfície da Terra uma vez que índices que usam RS refletem a diferença entre as coberturas da Terra com mais precisão do que outras medidas de SR (HUANG *et al.*, 2018).

Em se tratando de produtos de imagem PS RS, conforme as especificações oferecidas pela Planet, os produtos são ofertados ao usuário final ortorretificados, com resolução espacial de 3 metros, precisão posicional com menos de 10 metros de Erro Médio Quadrático (RMSE) e adequado para aplicações analíticas e visuais (PLANET, 2021b).

Os produtos (imagens *raster*) podem ser baixados por uma plataforma *Web* ou por programação através da *API* e cada produto baixado possui a identificação composta pelos seguintes elementos:

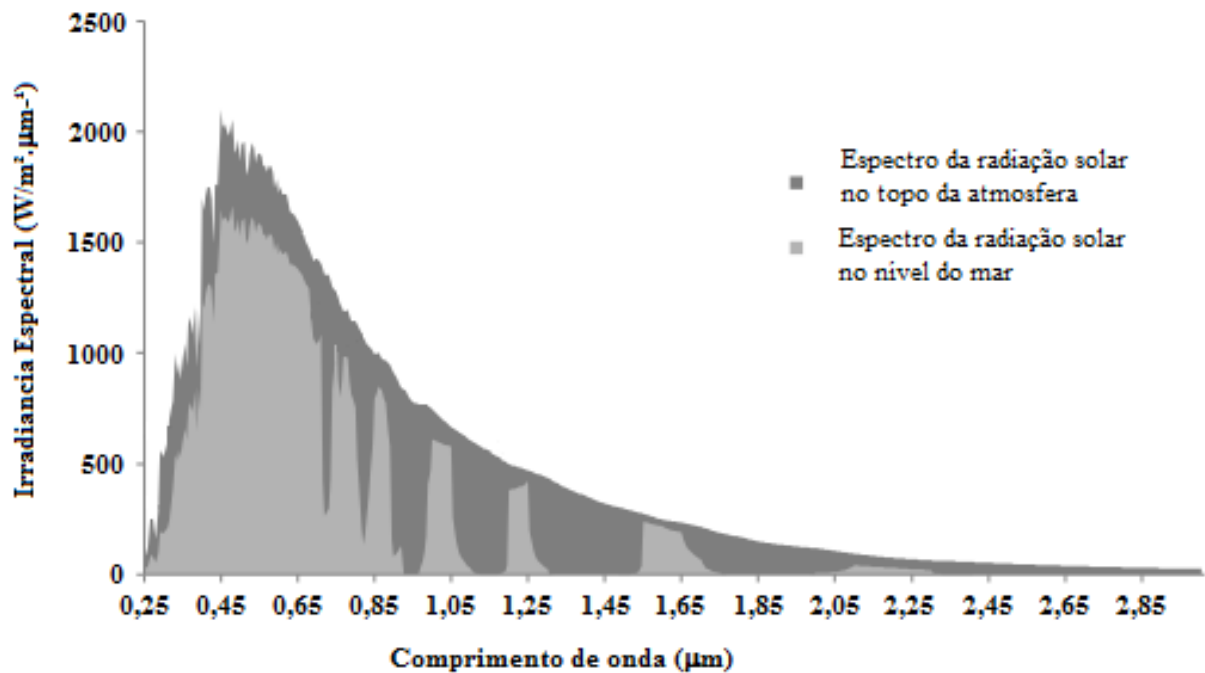
<data de aquisição>\_<hora de aquisição>\_<identificação do satélite (id)>\_<nível do produto><banda do produto>.<extensão> (PLANET, 2021b).

Os produtos são acompanhados de arquivo de metadados de cada imagem em formato XML, além de máscaras de dados utilizáveis (*Usable Data Masks - UDM*) em formato GeoTIFF que são gerados para auxiliar na busca de imagens com menor presença de nuvens (PLANET, 2021b).

A Planet antes de 2018 oferecia a modelagem *UDM* para expressar a máscara de dados utilizáveis na cena, com valores expressos nos metadados relacionados através da variável *cloud\_cover* e, a partir de 2018, passou a disponibilizar também a modelagem *UDM2*, onde a porcentagem de valores que contêm nuvens opacas, as quais impedem a interpretação confiável do conteúdo da cobertura do solo, são representados na variável *cloud\_percent* (PLANET, 2021b).

Vale destacar também que no SR óptico a radiação solar é a principal fonte natural de energia eletromagnética (Figura 4), na qual a luz é visível pelo olho humano situando-se entre 380 a 780 nm, faixa onde ocorre o processo químico de fotossíntese (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019).

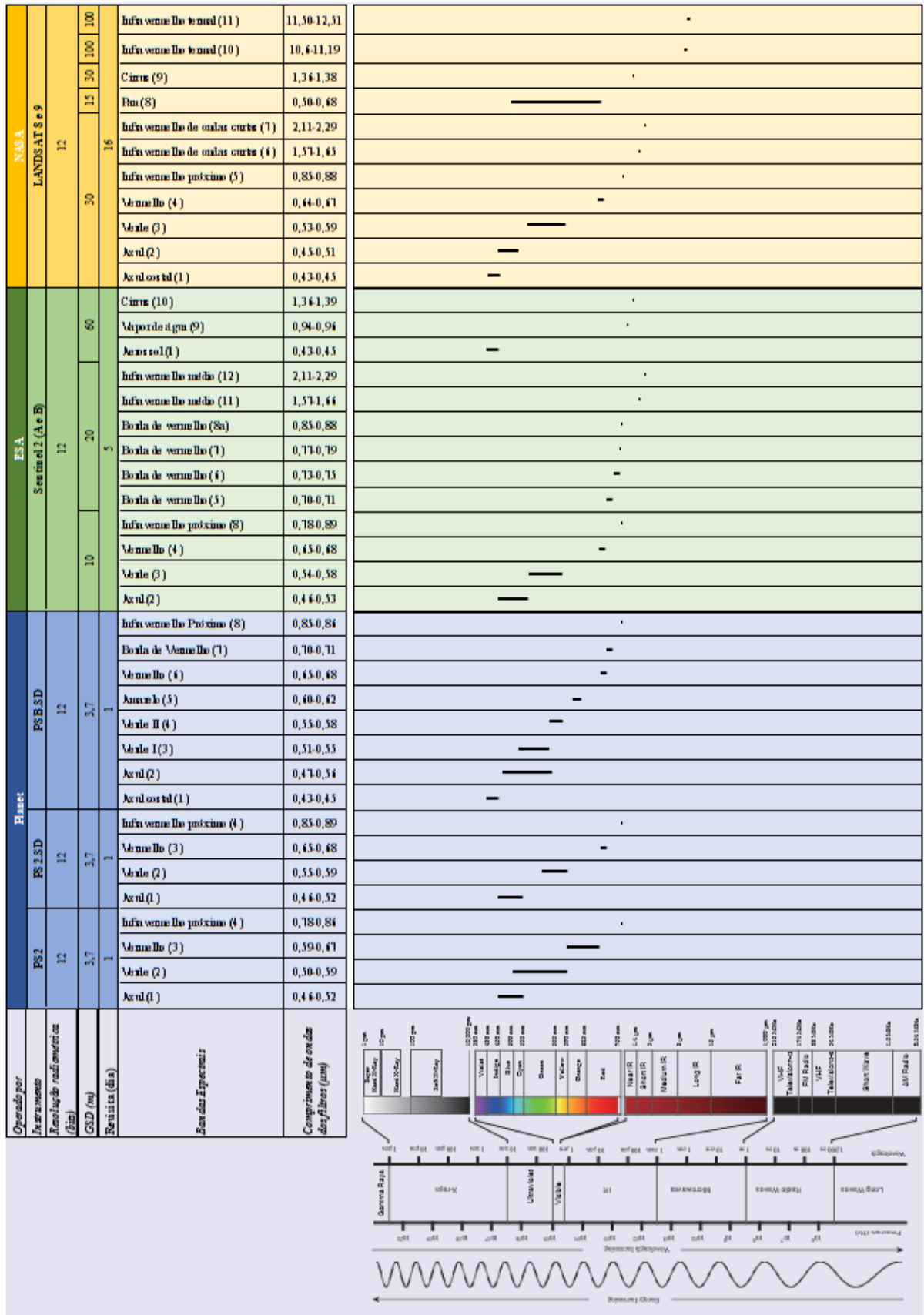
Figura 4 - Irradiação solar por comprimento de onda no topo da atmosfera e na superfície da Terra.



Fonte: Barbosa; Novo; Martins (2019).

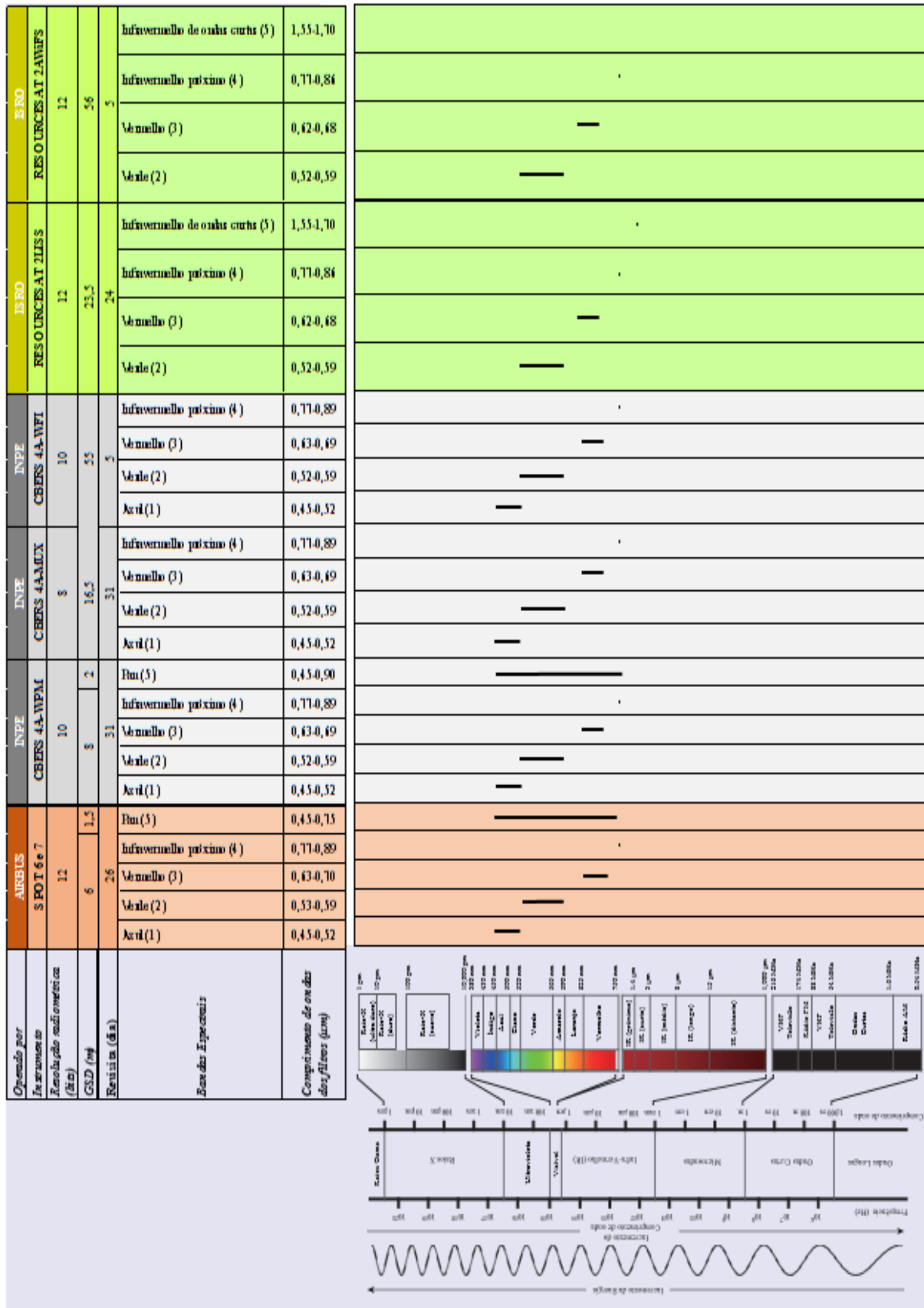
Assim, as diferentes resoluções (espacial, espectral e radiométrica e temporal) das imagens *CubeSat Planet*, nos seus 3 instrumentos (PS2, PS2.SD e PSB.SD) são retratadas em função das faixas de frequências de seus filtros, em comparação com satélites tradicionais por exemplo, Landsat e Sentinel, amplamente utilizados em trabalhos de SR para diferentes aplicações ambientais (Figuras 5a e 5b), buscando facilitar a identificação do instrumento mais adequado em função da combinação das características de suas resoluções (espacial, radiométrica, espectral e temporal). As Figura 5a e 5b destacam ainda a separação de bandas de cada instrumento sensor em relação ao espectro eletromagnético (HONG *et al.*, 2021) com inclusão, pelo autor, de bandas espectrais disponíveis nas especificações dos satélites apresentados.

Figura 5a - Espectro eletromagnético e a separação de bandas espectrais de diferentes satélites ópticos (Planet, Sentinel e Landsat).



Fonte: Adaptado de HONG, D. *et al.*, (2021).

Figura 5b - Espectro eletromagnético e a separação de bandas espectrais de diferentes satélites ópticos (SPOT, CBERS4 e Resourcesat).



## 2.2.2 Plataforma de Monitoramento

Uma vez que o SIG e o SR podem suprir o ambiente de análise para respostas a perguntas centrais cada vez mais globais, suportado pelo aumento do poder computacional com capacidade de processamento escalável, aumenta a demanda por plataformas de monitoramento que automatizem os modelos encontrados e tornem mais oportunas as informações geradas para apoio a tomada de decisões e disseminação de informações a usuários não especializados de forma fácil e intuitiva.

As plataformas têm focado em ampliar suas comunidades de usuários por meio do fornecimento de interfaces gráficas (*GUI – Graphic User Interface*) mais intuitivas combinando com estratégias de operações por linha de comando (integração de códigos). Este ambiente de preparação da plataforma para formatação de dados de entrada, fluxos de processamentos, e publicação de resultados muitas vezes são auxiliadas por menus suspensos amigáveis e pouca codificação desde a instalação até que o processo de monitoramento contínuo seja formatado (REBA; SETO, 2020).

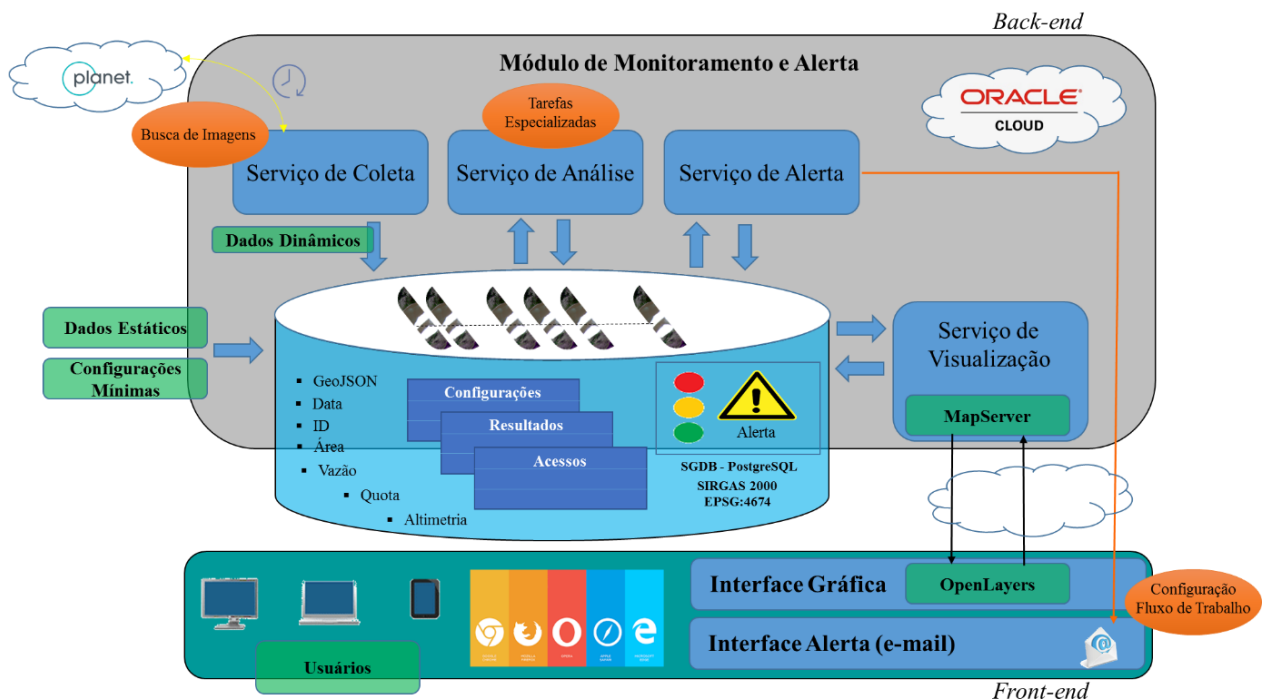
Dentre as plataformas para monitoramento com capacidade de processamento geoespacial que podem ser instaladas em ambiente escalável e que apresentam soluções com análises de dados ambientais, foram encontrados diferentes trabalhos nos quais são realizados o encadeamento de ferramentas/funcionalidades para uso com finalidade de monitoramento implementados por usuários a partir de softwares comerciais tais como ERDAS, ESRI, ENVI (LAN *et al.*, 2020; REBA; SETO, 2020) e ferramentas de acesso gratuito tais como Google Earth Engine (GEE) (WANG *et al.*, 2018; TAMIMINIA *et al.*, 2020), Dinâmica EGO, desenvolvida pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (RIEGEL *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020), a plataforma TerraMA<sup>2</sup>, desenvolvida pela Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (BARBOSA, H. A. *et al.*, 2014; PIMENTEL; REIS; LOPES, 2014; LAVERDE-BARAJAS *et al.*, 2018; JUNQUEIRA *et al.*, 2020). Entretanto, plataformas de monitoramento focadas em processos de trabalho especializados muitas vezes são proprietárias e pouco divulgadas.

Os avanços no ambiente *Web* e tecnologias relacionadas à internet, tais como soluções distribuídas, escaláveis e em ambiente virtualizado/nuvem, tem estimulado o desenvolvimento de plataformas *Web* de monitoramento com capacidades de análises SIG continuadas em diferentes domínios, tais como: gerenciamento de recursos naturais, ciência da Terra, áreas de saúde, hidrologia, dentre outras (LAN *et al.*, 2020).

Esta revisão bibliográfica será aprofundada sobre a plataforma proprietária e desenvolvida pela SCON Geospacial a qual pretende ser utilizada para implementação de um ambiente para monitoramento e análises com condições para envio notificações de alertas integrado na arquitetura proposta.

A plataforma dinâmica de análise e alerta oferecida pela SCON (Figura 6) está baseada no conceito de serviços (*Service Oriented Architecture - SOA*), o que permite a escalabilidade e independência no tratamento de requisições.

Figura 6 - Concepção geral da plataforma SCON - Detalhamento dos principais blocos funcionais de processamento das informações e do banco de dados (armazenamento de informações relevantes tais como configurações, resultados e histórico de acessos), existentes na estrutura de *back-end*. Destacam-se também, no *front-end*, a interface gráfica (mapas e tabelas) e de alertas utilizadas pelos usuários e configurada conforme fluxo de trabalho. A menção ao Oracle cloud busca representar o local virtual onde a plataforma pode ser instalada (ambiente seguro e escalável); a menção à Planet visa demonstrar a capacidade de buscar dados externos em outros ambientes de nuvens configurados pelo serviço de coleta (no caso desta pesquisa imagens Planet *CubeSat*); e a nuvem entre os ambientes de *back-end* e *front-end* representando o acesso da informação por internet, tornando a informação acessível por diferentes navegadores (*browsers*) e em diferentes tamanho de telas. As setas buscam demonstrar os pontos de entrada e/ou saída de conteúdo.



Fonte: Autor.

A concepção geral da plataforma SCCON utiliza em sua arquitetura um banco de dados PostgreSQL como sistema de banco de dados espacial para armazenamento dos resultados, entrada dos dados vetoriais relacionado às informações estáticas de suporte ao modelo e ao armazenamento de dados dinâmicos de entrada, além das informações gerados por processamentos especializados desenvolvidos com classes programadas em linguagem Python<sup>5</sup>. O banco de dados da plataforma permite ainda a inclusão de informações geográficas auxiliares para compor o contexto de mapas a serem publicados.

Nesta plataforma é oferecido, além da capacidade de buscar dados em outros servidores por meio de protocolo de transferência de arquivos *FTP (File Transfer Protocol)*, a funcionalidade de integração por protocolo de serviços *Web (WCS ou WFS)*; a possibilidade de diferentes estratégias de armazenamento de dados *raster*, tais como armazenar dados de dados local ou em um banco relacional; capacidade de interagir com tarefas (uma função ou encadeamento de funções implementadas na configuração da plataforma a partir de requisitos específicos do monitoramento) desenvolvidas em linguagem de programação Python.

A plataforma SCCON pode ser explicada por uma solução com *back-end* responsável por adquirir as informações dinâmicas e executar as tarefas de análises continuamente, incluindo a geração de alertas e uma solução *front-end* responsável pelos componentes manipulados pelo usuário gerando funcionalidades gráficas adaptadas aos fluxos de trabalho e especializações iniciais.

Esta separação permite adaptações, compartimentaliza o desenvolvimento, separa e simplifica os processos de manutenção. A plataforma SCCON não possui um módulo de interface gráfica para configuração, sendo necessário apoio da equipe técnica para integração das tarefas e configuração da interface de usuários em ambiente de produção.

Para a publicação de resultados na *Web* são empregadas ferramentas com código projetado para ser acessado abertamente (*OpenSource*) baseadas em MapServer (lado do servidor) e OpenLayers (lado do cliente).

---

<sup>5</sup> <https://www.python.org/>

### 3 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi planejado para ser executado em 2 etapas. A primeira etapa (Etapa A) foi desenvolvida a determinação da relação de equivalência entre a vazão do rio e a área dos corpos de água extraídos por imagens *CubeSat* de alta resolução espacial e temporal. Na segunda etapa (Etapa B) foi desenvolvida a operacionalização de uma plataforma dinâmica de análise e alerta para disponibilidade de água a partir de dados de imagens de satélite ópticas de alta temporalidade.

O delineamento de cada uma das etapas será apresentado individualmente para melhor expressar cada questão central, fontes de dados utilizados, procedimentos e avaliações específicos aplicados, variáveis analisadas e testes estatísticos realizados.

Os métodos propostos nestas fases compartilham a mesma área de estudo, na bacia do Rio Araguaia, no estado do Tocantins, a qual foi escolhida por representar importantes questões ambientais associadas a eventos de escassez hídrica, degradação do bioma, e no esforço da interpretação do nexo água-alimento-uso do solo.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa utiliza como área de estudo para avaliação dos métodos propostos o Rio Araguaia o qual, junto com o Rio Tocantins, representa a maior bacia hidrográfica exclusivamente brasileira, a bacia Tocantins-Araguaia.

O Rio Araguaia possui uma extensão de cerca de 2.115 km de talvegue<sup>6</sup> e é o principal tributário do rio Tocantins. Possui 450 km compreendidos a partir de sua nascente em uma região denominada Alto Araguaia com desnível de 570 m, o Médio Araguaia sofre um desnível de 185 m e compreende 1.505 km de extensão seguido pelo Baixo Araguaia, últimos 160 km até a foz com um desnível de 11 metros (ACOSTA, 2007). O rio Araguaia, localizado na parte central do Brasil, é considerado um dos rios mais abundantes em peixes do mundo (ACOSTA, 2007), tem sido alvo de debates políticos e ambientais na região Centro-Oeste do Brasil devido à intensa e indiscriminada expansão das atividades agrícolas, com maior degradação de ambiente natural durante as últimas décadas (LATRUBESSE; STEVAUX, 2006). Toda a sub bacia do rio Araguaia apresenta uma cobertura vegetal predominantemente de cerrado (BRASIL, 2015b), com mais de 6.000 trechos de rio mapeados oficialmente e distribuídos em

---

<sup>6</sup> Linha de maior profundidade no leito de um rio.

uma área de 386.765 km<sup>2</sup> onde se encontram apenas 166 estações fluviométricas para medidas de vazão.

Para esta pesquisa, um foco especial está centrado nas sub bacias do Médio Araguaia, que possui clima tropical úmido-seco, com estação seca de inverno, segundo a classificação de Köppen-Geiger sendo do tipo Aw -“A” refere-se ao tipo climático desta região dada pelo clima tropical e a sub divisão “w” representando a distribuição sazonal de precipitação, neste caso de chuvas de verão e estação secas no inverno gerando a alternância úmido-seco (AYOADE, 1996).

No cerrado brasileiro, algumas áreas já vêm sofrendo na prática o desequilíbrio ambiental (INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS, 2017; CHO *et al.*, 2021) e esta pesquisa busca entender o comportamento da vazão na Bacia do Araguaia, que tem sido acometido de severos eventos de escassez hídrica desde 2012 e que concentra uma das principais drenagens do cerrado. Em especial, as sub bacias do Médio Araguaia vêm sofrendo com a escassez de água em vários rios que são afluentes do Araguaia, principalmente em sua margem direita (Estado do Tocantins e que abrange afluentes como Rio Xavante, Rio Riozinho, Rio Urubu, Rio Pium, Rio Água Verde, Rio Formoso e Rio Duerde), obrigando gestores públicos a tomar medidas que estabelecem o racionamento do uso da água na agricultura para priorizar o abastecimento humano e animal (INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS, 2017; LAURIS, 2019).

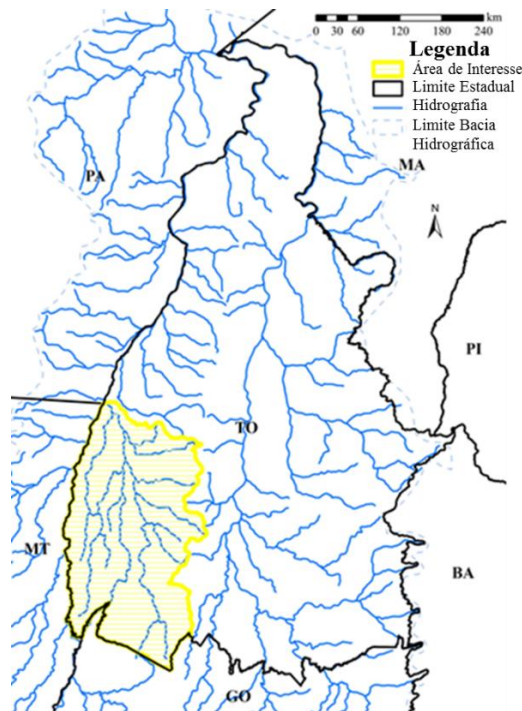
Esta pesquisa concentrou-se em uma abordagem em escala regional no Rio Araguaia, em uma de suas sub bacias, com cerca de 68.000 km<sup>2</sup>, correspondente a uma porção do estado do Tocantins (Figura 7), na qual se inclui a Ilha do Bananal, que é a maior ilha genuinamente fluvial do mundo, com cerca de 20.000 km<sup>2</sup> (1.916.225 hectares), cercada pelos rios Araguaia e Javaés. Esta ilha é uma Reserva Mundial da Biosfera pela UNESCO desde 1993 e é também tomada como referência para distinguir o médio e o baixo Araguaia, sendo o médio Araguaia, à montante da Ilha do Bananal (TEJERINA-GARRO; FORTIN; RODRÍGUEZ, 2002).

Uma vez que a pesquisa procura avaliar o comportamento da vazão hídrica dentro de um contexto de sustentabilidade e reequilíbrio do nexos água-energia-alimento, a escolha desta região aproveitou-se do fato de não existirem usinas hidroelétricas nesta região de modo a simplificar as análises na relação água-alimento e estudar o possível impacto da expansão da agricultura e da transformação do uso e ocupação da terra, na vazão do rio (Figura 8).

Esta região, segundo a Agência Nacional de Águas (2015), teve expressivo aumento da área irrigada (116%) entre 2006 e 2012 e aumento de área cultivada em cerca de 20% neste mesmo período, sendo que, alguns destes municípios têm apresentado as mais elevadas demandas hídricas da bacia para irrigação. Ainda nesta região, aproveitou-se do fato de

presença de estações convencionais e estações virtuais de medição de vazão do rio para a calibração de uma plataforma de alerta de disponibilidade de água para a agricultura a partir do emprego de imagens de satélite de alta resolução temporal.

Figura 7– Área de Estudo - Área da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, sua drenagem principal e as divisões geopolíticas estaduais. A área destacada em amarelo ilustra a sub bacia que engloba a região mais afetada por eventos de escassez hídrica e na qual estão localizadas as estações, convencional e virtual, usadas como referência para desenvolvimento de novo método para monitoramento.



Fonte: Autor.

Figura 8 – Diagrama esquemático de hidroelétricas da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia com referência de vazão regularizada com 100% de garantia em pontos ao longo do Rio Tocantins.



Fonte: Caderno Capacitação de Recursos Hídricos (BRASIL, 2016).

### 3.2 ETAPA A - Determinação da relação de equivalência entre a vazão do rio e a área dos corpos hídricos usando imagens de alta resolução espacial e temporal

O fato já mencionado da existência de poucos medidores de vazão convencionais instalados em relação à quantidade e extensão da rede hidrográfica, aliado a restrição dos medidores virtuais baseados em dados de altimetria por satélite devido apresentarem um longo período de revisita a um mesmo ponto, capacidade de coleta restrita ao traçado da órbita, largura mínima detectável de corpos hídricos bastante extensa, dentre outros fatores externos como degradações do meio ambiente natural devido a expansão das atividades agrícolas (LATRUBESSE; STEVAUX, 2006) e eventos de escassez hídrica em diversos afluentes do Rio Araguaia (INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS, 2017; LAURIS, 2019), favoreceram a escolha deste bioma para desenvolver e validar o método proposto.

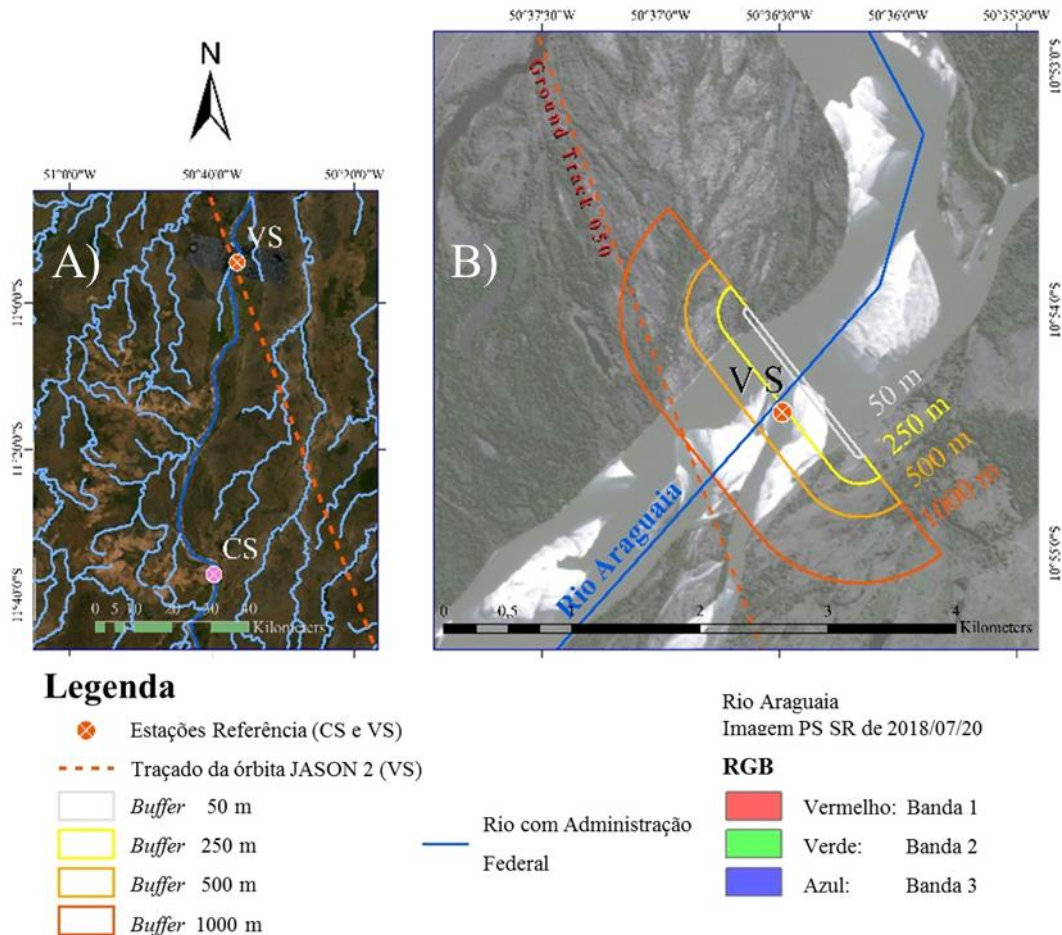
Foram selecionadas duas estações fluviais calibradas pela ANA as quais são utilizadas como instrumento oficial de políticas públicas na região. Uma dessas estações fluviométricas é uma Estação Convencional (CS) *in situ* ID 26350000 (<http://gestorpcd.ana.gov.br>) administrada pela ANA, localizada em São Félix do Araguaia - MT (11° 37' 8,6" S; 50° 39,7' 5,0" W – Datum WGS 84). Esta estação possui instrumento de monitoramento da vazão do rio 24 horas por dia, 7 dias por semana, com registros a cada 15 minutos. A outra estação fluvial foi a Estação Virtual JASON-2 (JVS) ID 1055S05036WO (<http://hidrosat.ana.gov.br>), monitorada pela ANA em cooperação com o *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD) com baricentro em 10° 54,4' 2,0" S; 50° 36,4' 8,6" W - Datum WGS 84. Esta estação adquire informações de altimetria por satélite para monitorar o nível de água e vazão derivada do rio, sem nenhum equipamento instalado localmente. O conjunto de dados JVS está relacionado à altitude média de todos os dados de altimetria disponíveis, ao longo da trilha do JASON-2, sobre a área do rio em cada ciclo de satélite. As observações do JVS ocorrem a cada 9,9 dias com o satélite JASON-2 sobre o traçado de sua órbita (*Ground Track* 050), que possui variação no traçado de  $\pm 1$  km (CNES; NASA, 2011) ao longo dos ciclos.

As características detalhadas das duas estações selecionadas são apresentadas na Figura 9. A distância entre o CS e o JVS é aproximadamente de 78 km (distância euclidiana) permitindo sua comparação com o método proposto.

Para o estabelecimento do método de estimativa do fluxo do rio, os dados disponíveis da constelação Planet *CubeSat* foram explorados para o período de janeiro a julho de 2018. As imagens foram baixadas do portal Planet em formato *raster* priorizando-se o uso do produto com valores de refletância de superfície e já ortorretificada com 3 metros de resolução, portanto,

cada pixel com área equivalente a 9 m<sup>2</sup>. Foram também analisados os arquivos de metadados das imagens e o arquivo de máscara de nuvem. Assim, a partir do uso destas informações foi proposto um método para estimar vazões detalhado no item 3.2.1 e representado na Figura 9.

Figura 9 – Localização da Estações de Referência. (A) Ampliação sobre o Rio Araguaia (centro) destacando a órbita de passagem do *JASON-2* (vermelho) sobre a drenagem superficial (azul), e a Estação Convencional (CS) usada como verdade terrestre (ponto rosa). A região onde ocorre a passagem do *JASON-2* sobre o Rio Araguaia é a Estação Virtual (JVS) distante 78 km de CS e, região utilizada para download das imagens Planet *CubeSat*; (B) Ampliação sobre o JVS (ponto vermelho) no Rio Araguaia (linha azul) com as 4 áreas de *buffer* utilizadas na metodologia (50 m - cinza; 250 m - amarelo; 500 m - laranja; 1000 m - vermelho). Ao fundo é apresentada a imagem PlanetScope *Surface Reflectance* (PS RS) adquirida pelo *CubeSat* da Planet do dia 20 de julho de 2018 apresentada com 50% de transparência e sobreposta pelo traçado do *JASON-2* (linha tracejada vermelha).

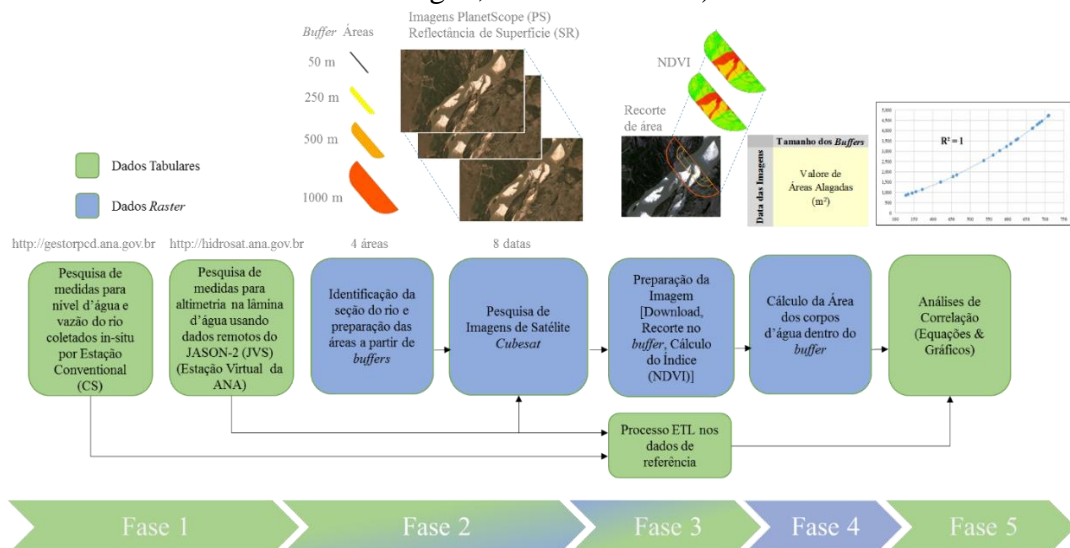


Fonte: Autor.

### 3.2.1 Método para estimar fluxos de rio usando imagens Planet *CubeSat*

Esta etapa da pesquisa foi realizada em cinco fases: (1) levantamento das medições do nível de água e vazão do rio usando dados *in situ* da *CS* e medições da altimetria usando dados remotos da *JVS*; (2) preparação da seção do rio com estabelecimento de *buffers*<sup>7</sup> e levantamento de imagens *CubeSat* para datas selecionadas (correlacionado com a fase 1 e sem cobertura de nuvens); (3) preparação de imagem, incluindo recorte com base nas diferentes áreas geradas com o *buffer*, seguido do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*) para cada imagem e preparação e processamento dos dados em estações *CS* e *JVS* usando *Extract-Transform-Load (ETL)*; (4) cálculo de áreas dos corpos d'água dentro do *buffer* para estimativa de vazão do rio nas imagens do Planet *CubeSat*; e (5) análise de correlação das áreas dos corpos d'água extraídas das imagens *CubeSat* com os dados *JVS* e *CS* (Figura 10).

Figura 10 –Fluxo metodológico usando imagens *CubeSat* para estimar a vazão do rio. A primeira fase é usada para reunir informações de referência para apoiar as curvas-chave. Na segunda fase são preparadas as áreas de *buffer* específicas e são selecionadas as imagens *CubeSat* para investigar a correlação entre a extensão da área inundada e o fluxo do rio. A terceira fase é usada para pré-processar as imagens selecionadas do *CubeSat* com classificação de pixels (água / não-água) com base em valores *NDVI*. Na quarta fase são calculadas as áreas inundadas para cada imagem. A última fase compreende a avaliação a análise de regressão comparando com os dados de referência (*CS* – Fluxo do rio; *CS* - Nível da água; *JVS* - Altimetria).



Fonte: Autor.

<sup>7</sup> O *buffer* é a medição da distância em diferentes direções a partir de um objeto. O *buffer* pode ser feito em todos os três tipos de dados vetoriais: ponto, linha, área, sendo neste caso relacionado a linha que define a seção do rio. O arquivo resultante de um *buffer* é um polígono. Na maioria das vezes, os *buffers* são medidos em distância uniforme.

Primeiramente, foram coletadas as medições de *CS* e *JVS* no período de 01/01/2018 a 30/07/2018. O conjunto de dados para *CS* incluiu o nível de água e o fluxo do rio por meio de observações diárias em intervalos de 15 minutos. Do *JVS* foram coletados dados de altimetria em períodos repetitivos de aproximadamente 10 dias de acordo com as medidas fornecidas pelo satélite de missões de altimetria. A utilização dos dados do *JVS* independeu do horário de coleta e resultou em mediana de 11:03 h (horário local).

Na segunda fase, uma seção transversal do rio foi estabelecida como referência na região de passagem do *JASON-2* para a criação de *buffers* laterais com 50, 250, 500 e 1000 metros. Essas seções de *buffers* foram criadas para reduzir a área de processamento de imagens de satélite no cálculo da superfície da água. Usando a localização desses *buffers*, as imagens dos *CubeSat Planet* foram pesquisadas para todas as datas nos quais existiam dados *JVS*. A pesquisa de imagens *Cubesat* também incluiu a cobertura completa das áreas de *buffer*, a ausência de nuvens e a possibilidade de usar o produto de refletância de superfície (*RS*) como entrada (Tabela 1).

Na terceira fase, cada imagem baixada do portal da Planet foi recortada nas áreas definidas pelo *buffer* e processada para calcular o *NDVI* com uma escala que varia de -1 a 1. O *NDVI* foi calculado usando as bandas espectrais na região do Vermelho e Infravermelho-Próximo do espectro eletromagnético por meio da equação (5). Para cada imagem analisada, as áreas de inundadas do rio foram classificadas com valores de *NDVI* menores que 0,15 usando a função *NDVI* presente na ferramenta *Image Analysis* do *ArcGIS 10.5*.

$$NDVI = \frac{(NIR\ Band - Red\ Band)}{(NIR\ Band + Red\ Band)} \quad (5)$$

Na quarta fase, foram calculadas as áreas dos corpos d'água para todos os *buffers* recortados nas datas analisadas, resultando em uma tabela temporal das áreas de inundadas. Em seguida, na quinta fase, foram traçadas as curvas de regressão (exponencial, linear, logarítmica, polinomial, lei de potência e médias móveis) entre as áreas dos corpos d'água para quatro *buffers* diferentes (50, 250, 500 e 1000 m) e os três conjuntos de dados de referência (*JVS* - altimetria, *CS* - nível de água, *CS* - vazão). Foram determinados 12 coeficientes de Pearson ( $R^2$ ) diferentes de acordo com as curvas de regressão mais bem ajustadas. Na quinta fase, a relação entre o  $R^2$  e as quatro áreas de *buffer* foram analisadas para cada conjunto de dados de referência, determinando a equação a ser usada para prever a vazão do rio a partir da área de inundação da imagem *CubeSat*.

### 3.3 ETAPA B – Implementação de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura usando imagens *CubeSat*

Uma vez finalizada a etapa A com resultados significativos (JUNQUEIRA *et al.*, 2021), procurou-se na etapa B avaliar a possibilidade de implementação de uma plataforma para disponibilidade de água que fosse de fácil compreensão e de simples manipulação para agricultores e gestores. Para a demonstração parcial de seu potencial, foi utilizada a localização da estação virtual com imagens *CubeSat* (CVS), estabelecida na etapa anterior e posicionada na coordenada 10° 54,4' 2,0" S; 50° 36,4' 8,6" W - *Datum WGS 84*. Esta estação virtual possui localização coincidente com a estação *JVS* (Figura 8) utilizada como primeira área de ensaio para a implementação da plataforma de disponibilidade de água para agricultura. Neste primeiro momento, foi mantida a CVS em mesmo local utilizado da *JVS*, para permitir a continuidade de avaliação de coerência com as estações de referência e possibilidade de sinergia para trabalhos futuros. A plataforma poderá também ser configurada em outros locais dentro da área de estudo, formando outras estações CVS, para a determinação de valores de área inundada, comparação de proporções de vazões de seus afluentes ou mesmo determinação de novas relações temporais com a degradação do bioma e expansão da agricultura.

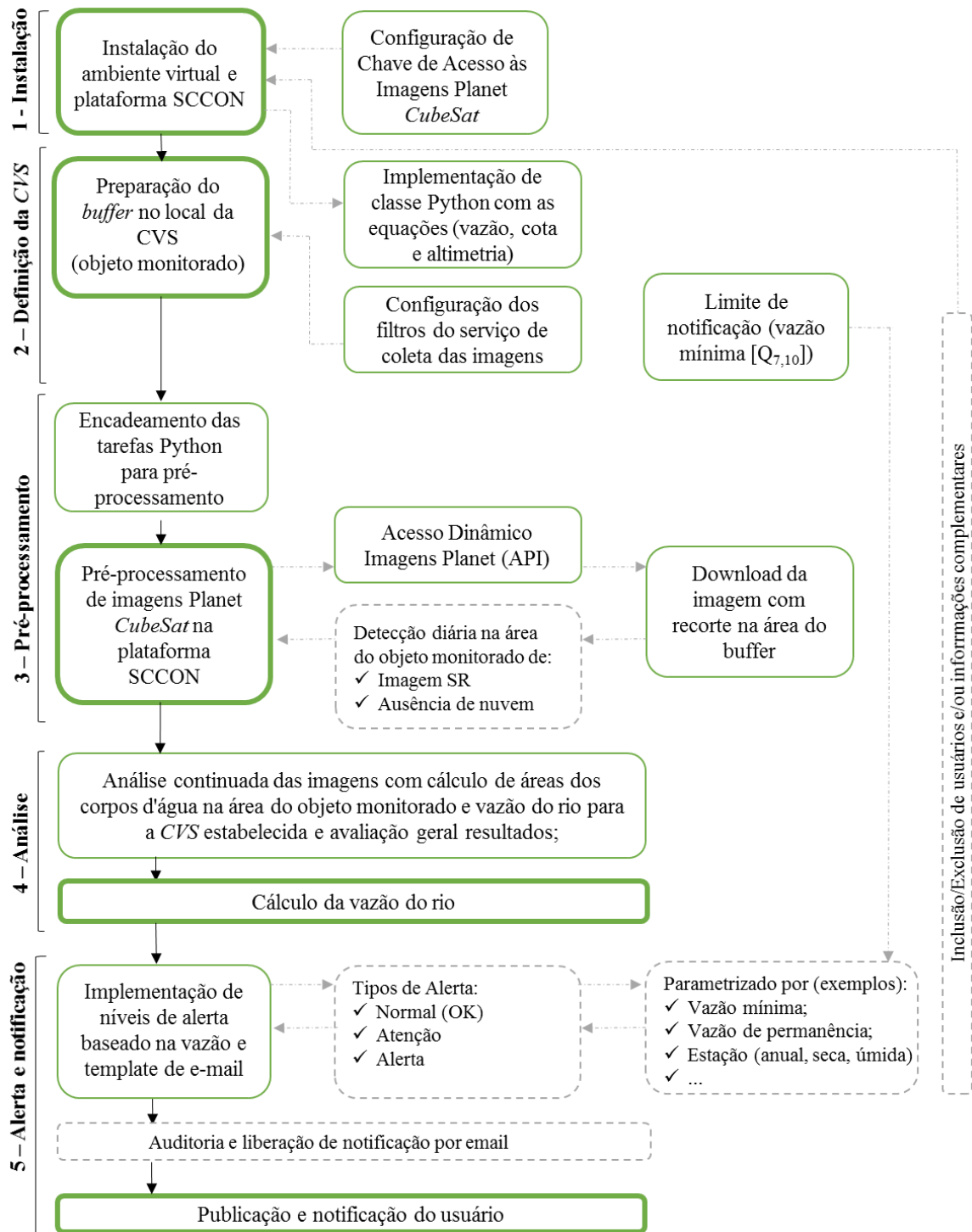
#### 3.3.1 Método para operacionalizar a plataforma de alerta para disponibilidade de água

Esta etapa da pesquisa foi realizada em cinco fases: (1) instalação do ambiente virtual e da plataforma SCCON; (2) definição da CVS, objeto monitorado, criação da classe *Python* com as equações (vazão, cota e altimetria) e limite de notificação (vazão mínima [Q<sub>7/10</sub>], vazão de estiagem [Q<sub>95%</sub>] e vazão adequada para agricultura [Q<sub>52,43%</sub>]); (3) configuração dos filtros do serviço de coleta das imagens, encadeamento das tarefas implementadas em *Python* para os pré-processamentos das equações nas imagens *CubeSat*; (4) análise continuada das imagens com cálculo de áreas dos corpos d'água na área do objeto monitorado e vazão do rio para a CVS estabelecida com avaliação geral dos resultados; e (5) configuração do fluxo de trabalho para interface gráfica e geração de alertas, publicação de resultados e notificação dos usuários (Figura 11).

Na fase (1) de instalação do ambiente virtual foram consultados os ambientes operacionais em nuvem, *Google Cloud*, *Amazon Web Services* (AWS) e *Oracle Cloud*, sendo este último escolhido para instalação da plataforma. Optou-se por utilizar a plataforma da SCCON visto a maior facilidade para integração e suporte com produtos da operadora Planet.

Nesta etapa, foi realizada, também, a definição junto à Planet de chave de acesso (*API Key*) para o consumo via serviço das imagens pela plataforma SCON. Foi definida a estrutura das variáveis no banco de dados de forma a permitir que cada *CVS* tivesse informações e processos apartados tanto do ponto de vista de resultados, como de cadastro de gestores/usuários para acesso as informações processadas.

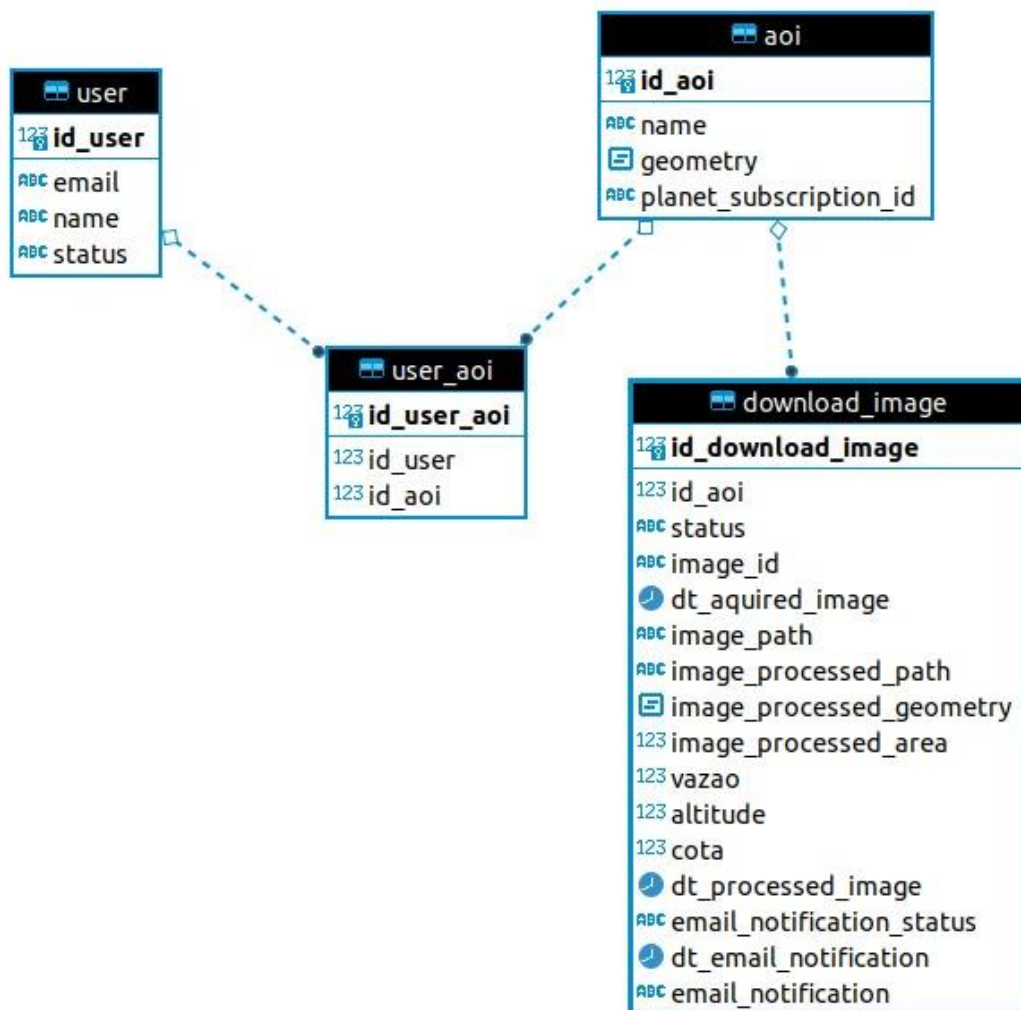
Figura 11 – Fluxo metodológico proposto para implementação da plataforma de alerta – Etapa B. A primeira fase é a instalação do ambiente em nuvem, da plataforma SCCON e configuração da chave de acesso às imagens. Na segunda é estabelecido o local da Estação Virtual *CubeSat* e definição de período de monitoramento. A terceira fase é usada para entrada de dados dinâmicos, critérios para pré-seleção das imagens e estabelecimento do encadeamento dos processamentos. Na quarta fase é calculada a vazão do rio sobre cada imagem selecionada na fase anterior. A última fase compreende a geração dos alertas, auditoria e notificação dos usuários (gestores e agricultores cadastrados).



Fonte: Autor.

A estrutura do banco de dados foi implementada com as tabelas e relacionamentos apresentados na Figura 12, na qual são destacadas as tabelas *user*, *user\_aoi*, *aoi* e *download\_image*, bem como a variável chave de cada tabela (*id\_user*, *id\_user\_aoi*, *id\_aoi* e *id\_download\_image*), permitindo o relacionamento de informações entre as tabelas e as demais variáveis pertencentes ao banco. O tipo da informação de cada tabela é apresentado na frente do nome e podem ser do tipo texto, número, geometria e data.

Figura 12 - Estrutura de relacionamento das tabelas, variáveis e tipos de informações



Fonte: Autor.

A fase (2) consistiu na definição do local onde foi implantada a CVS para demonstrar o monitoramento. Como elemento de entrada principal desta fase, encontra-se a definição da seção de rio e o tamanho do *buffer* em função da largura do rio onde foi implantada a estação virtual (0,5 x comprimento da seção). Neste caso, a geração do arquivo vetorial foi chamada de *Area of Interest (AOI)* ou objeto monitorado, sendo fornecida em formato *GeoJson* como

parâmetro de entrada para a plataforma SCCON junto com o *Time of Interest (TOI)*, que determinou o período para busca de imagens de 01/07/2017 a 01/04/2022. Ainda nesta etapa, foi desenvolvida uma classe em *Python* com as equações de vazão, cota e altimetria, denominada “*equations\_cvs.py*” (Apêndice A), que é executada a cada nova imagem processada para formação do banco de dados de resultados das equações.

Foi avaliada nesta fase também a vazão mínima [ $Q_{7/10}$ ] e vazão de estiagem [ $Q_{95\%}$ ], utilizando-se dos dados históricos coletados no portal do Hidroweb para o período entre 01/01/1974 a 31/12/2019. O valor de vazão mínima foi considerado como situação muito crítica e, portanto, adotado a vazão de estiagem como situação inicial para notificação por e-mail dos alertas. Este valor, bem como a mensagem padrão a ser enviada, podem ser ajustados conforme as necessidades estabelecidas de gestão para cada recurso hídrico a ser monitorado. Apesar de ser possível a inclusão de informações complementares ao banco de dados para enriquecimento das consultas fornecidas, neste momento optou-se por demonstrar a operacionalização da plataforma focado nas consultas das imagens, resolução das equações e notificação em caso de alerta. Vale destacar que as informações complementares podem ser incluídas nesta etapa ou posteriormente, à medida que os gestores da plataforma identificarem a necessidade de complementação.

A fase (3) consistiu na configuração dos filtros do serviço diário de coleta das imagens *CubeSat*, que utiliza parâmetros dos metadados de cada imagem, tais como *cloud cover* e *cloud percent* para identificação de presença de nuvens em cada cena. Ainda nesta etapa, foram definidas as tarefas necessárias para pré-processamento das imagens, identificação da área inundada e chamadas da classe de equações definidas previamente. Estas tarefas foram encadeadas nesta sequência e implementadas em *Python*, estando detalhadas e comentadas nos Apêndices B, C e D. Deste modo, a plataforma SCCON iniciou o pré-processamento dos dados dinâmicos das imagens adquiridas pela constelação *CubeSat* dentro da área de interesse da CVS, conforme filtros estabelecidos na fase anterior para presença de nuvens, eliminando as cenas com percentual elevado.

Além disso, a plataforma permite a inclusão de outras bases de dados geográficas com informações complementares, tais como limites políticos, dados de geologia e geomorfologia, dados de uso e ocupação do solo, modelos digitais de elevação (MDE), dentre outras informações que sejam importantes para a composição da publicação de resultados ou que venham a ser usados como dados de suporte às notificações. Vale destacar novamente, que as informações complementares podem ser incluídas nesta etapa ou, posteriormente, à medida que os gestores da plataforma identificarem a necessidade de complementação.

Na fase (4), a plataforma iniciou as análises de forma sistemática para a composição dos resultados no banco de dados, gerando um novo valor de vazão do rio para cada nova imagem disponível por dia. A plataforma utiliza a imagem mais recente de cada dia e que sobreponha todo o objeto monitorado (*AOI*). As imagens com cobertura parcial da área monitorada são descartadas, não sendo utilizadas para fins do processamento.

Na fase (5), foram implementados os níveis de alerta baseado na vazão identificada na fase (2), sendo alguns tipos de alerta: 1) normal (OK); 2) atenção e 3) alerta. Estes alertas podem ser parametrizados em função da vazão mínima ou vazão de permanência e ainda, diferenciados por períodos tais como anual, estação seca, estação úmida ou outras regionalizações. Para esta implementação, adotou-se valores inferiores a vazão de estiagem como gatilho para o alerta e a vazão adequada para uso normal na agricultura com valores de vazão de permanência inferiores a 52,43% para esta porção do rio, este último retratado pela plataforma como situação normal. Nesta última etapa ocorre a publicação em ambiente *Web* dos resultados de forma continuada, permitindo ainda a auditoria manual do gestor para exclusão de casos com anomalias (sombra, névoa, dentre outras falhas que possam afetar o resultado). A notificação de usuários interessados da plataforma é atrelada aos dados auditados e publicados, sendo os recebedores desta informação, usuários previamente cadastrados.

A inclusão ou exclusão de usuários na plataforma, bem como outras informações que ficam armazenadas no banco de dados, podem ser alteradas durante qualquer uma das fases de implementação ou de uso da plataforma.

### **3.3.2 Cálculo de indicadores relacionados à vazão do rio**

Para a gestão de recursos hídricos, alguns procedimentos são bastante importantes para a determinação de vazão média, vazão regularizável, vazão de estiagem e vazão mínima. Também é importante a elaboração de curva de permanência da vazão, que busca expressar a relação entre a frequência com que a vazão do rio é superada ou igualada para o período de análise.

Assim, foram determinados alguns valores relacionados à vazão na área de estudo somente para fins de apoio à demonstração da plataforma, conforme apresentados a seguir:

- a) Vazão média diária para o trecho do Rio Araguaia pesquisado, medido entre os anos de 1974 a 2019, ( $n = 16.758$  registros diários para todo o período) expresso na equação (6).

$$Vaz\tilde{a}o\ m\acute{e}dia\ di\acute{a}ria = \frac{1}{n} \sum_1^n Vaz\tilde{a}o\ di\acute{a}ria \quad (6)$$

- b) Vaz\~ao regulariz\~avel como equivalente a 90% da vaz\~ao m\~edia di\~aria expreso na equa\~ao (7).

$$Vaz\tilde{a}o\ regulariz\tilde{a}vel = 0,9 \cdot (Vaz\tilde{a}o\ m\acute{e}dia\ di\acute{a}ria\ do\ per\acute{ı}odo\ de\ 45\ anos) \quad (7)$$

- c) Vaz\~ao m\~inima ( $Q_{7/10}$ ) \~e a vaz\~ao m\~inima di\~aria de refer\~encia com sete dias consecutivos e tempo de retorno de 10 anos, e faz uso do m\~etodo de avalia\~ao da distribui\~ao de Gumbel na determina\~ao de vaz\~oes m\~inimas. Para este c\~alculo foram analisadas as menores vaz\~oes di\~arias da s\~erie hist\~orica entre os anos de 1974 a 2019, com aux\~ilio da ferramenta Microsoft Office Excel com exclus\~ao de per\~iodos em que houve falhas superiores a 10 dias consecutivos e seguido da identifica\~ao da menor vaz\~ao m\~edia com sete dias consecutivos anualmente. Para isso, uma m\~edia m\~ovel do valor de vaz\~ao m\~inima para cada 7 dias foi calculada sendo selecionada a menor m\~edia da vaz\~ao di\~aria encontrada anualmente.

A partir de ent\~ao, calculou-se a m\~edia aritm\~etica das vaz\~oes anuais m\~inimas e seu desvio padr\~ao para o per\~iodo de 45 anos. O c\~alculo de valores de vaz\~ao m\~inima em fun\~ao do tempo de retorno foi determinado pela equa\~ao (8).

$$Q_{7/10} = \beta_{est} + \left\{ \left( \frac{1}{\alpha_{est}} \right) \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{TR} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

Sendo TR o tempo de retorno neste caso, determinado em 10 anos. As constantes de ajustes  $\alpha_{est}$  e  $\beta_{est}$  (PEREIRA; CALDEIRA, 2018) s\~ao dadas, respectivamente, pelas equa\~oes (9) e (10) e  $\sigma$  o desvio padr\~ao para as vaz\~oes anuais m\~inimas.

$$\alpha_{est} = \frac{1,2826}{\sigma} \quad (9)$$

$$\beta_{est} = \frac{1}{45} \sum_1^{45} m\acute{e}dia\ aritm\acute{e}tica\ das\ vaz\tilde{a}oes\ anuais\ m\acute{ı}nimas + 0,451 \cdot \sigma \quad (10)$$

## d) Curva de Permanência

A permanência de uma vazão representa a probabilidade da vazão exceder seu valor no tempo, ou seja, é definida como a probabilidade de ocorrência da vazão média diária do rio ser maior ou igual a um determinado valor, para o período avaliado de estudo (CRUZ; TUCCI, 2008). Portanto, o método consiste em atribuir a cada vazão  $q$  uma probabilidade de exceder a vazão associada  $p$ . Esta função que descreve a curva de permanência é o complemento da função densidade cumulativa de probabilidade das vazões médias diárias (equação 11)

$$p = 1 - F_Q(q) \quad (11)$$

sendo,  $F_Q(q)$  é a função densidade cumulativa de probabilidade das vazões. Assim, pode ser realiza a plotagem das probabilidades acumuladas em relação à vazão e a vazão (percentil) é comumente representado por  $Q_p\%$ , que significa uma posição na plotagem.

e) Vazão de estiagem ( $Q_{95\%}$ )

A vazão de estiagem é determinada com o auxílio da curva de permanência correspondente a vazão no trecho do rio analisado durante, pelo menos, 95% do tempo. Esta vazão, normalmente, é utilizada para fins de abastecimento público em captações a fio d'água, portanto representada por  $Q_{95\%}$ .

f) Vazão adequada para agricultura neste trecho de rio ( $Q_{52,43\%}$ )

Para a determinação da vazão adequada para a agricultura neste trecho de rio utilizou-se o método de Montana (TENNANT, 1976), que define o ecossistema aquático em função da vazão, como regimes de vazão mínimos adequados às espécies aquáticas, uso para recreação e recursos ambientais relacionados (Quadro 3). A determinação da vazão foi estabelecida procurando representar 60% da vazão média anual, sendo neste caso equivalente a curva de permanência  $Q_{52,43\%}$ .

Segundo Tennant (1976), 60% da vazão média anual é a vazão na qual são geradas condições excelentes para os habitats e as formas de vida aquática durante as primeiras fases do ciclo de vida e para a maioria dos usos recreativos. Portanto,

escoamento, largura do leito e profundidades, bem como temperatura, são satisfatórias para todas as espécies aquáticas (BEZERRA, 2001).

Quadro 3 - Regimes de vazões mínimas para garantia de adequadas de habitats e formas de vidas aquáticas, recreação e recursos ambientais relacionados.

Vazão mínima garantida	Vazões médias anuais recomendadas	
	Chuvas de verão	Secas de inverno
Máxima	200% da vazão média	
Ótima	60% a 100%	
Excelente	40%	60%
Muito boa	30%	50%
Boa	20%	
Suficiente ou fraco	10%	
Mínima ou pobre	10%	
Degradação elevada	0% a 10% da vazão média	

Fonte: Tennant, (1976).

## 4 RESULTADOS

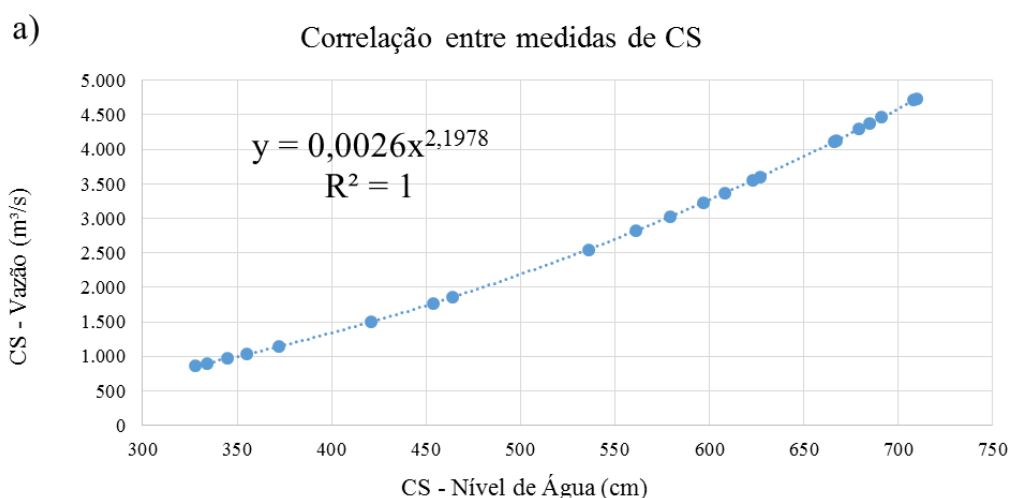
Os resultados alcançados para as duas etapas são apresentados nos tópicos abaixo:

### 4.1 RESULTADOS DA ETAPA A

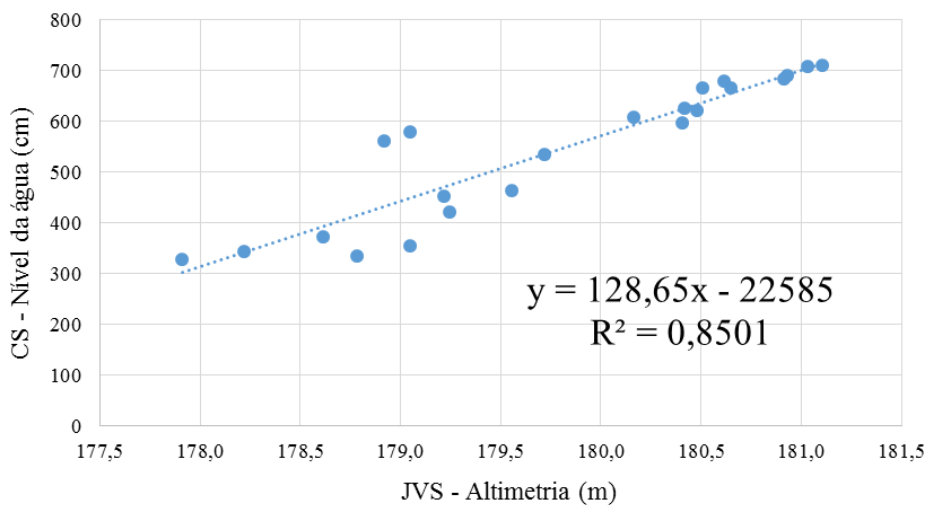
Os dados coletados no CS revelaram vazão do rio variando de 868 a 4.739 m<sup>3</sup>/s e nível de água variando de 328 a 710 cm para o período de monitoramento analisado na bacia do Araguaia nesta etapa. Foi validado para CS a correlação entre a vazão do rio e as medidas do nível de água ( $R^2 = 1$ ) (Figura 13a). Em relação aos dados da JVS, foram observados valores de altimetria entre 177,9 a 181,1m, com boa correlação com o nível de água de CS ( $R^2 = 0,85$ ) (Figura 13b).

No levantamento de imagens do Planet *CubeSat*, foram selecionadas 8 datas de imagens com dados correspondentes CS e JVS, com cobertura completa das áreas do *buffer*, ausência de nuvens e com disponibilidade do produto de refletância de superfície (RS) (Tabela 1).

Figura 13 - Avaliação dos dados de referência. (a) Relação entre o nível do rio (eixo x) e vazão do rio (eixo y) medidos por CS na estação de São Félix do Araguaia / MT para o período de análises (janeiro a julho/2018). A curva azul representa a equação exponencial ( $y = 0,0026x^{2,1978}$ ) que demonstrar estar bem ajustada com  $R^2 = 1$ . (b) Relação entre a altitude (eixo x) calculadas pela JVS e as cotas no nível da água (eixo y) medidos pelo CS. A curva azul representa a equação linear ( $y = 128,65x - 22585$ ) com  $R^2 = 0,8501$ . Em ambas as figuras, os círculos azuis sólidos representam valores correlacionados com intervalo de 10 dias.



## b) Correlação entre variações no rio medidas por JVS e CS



Fonte: Autor.

Tabela 1 - Detalhe das medições relacionadas a JVS, CS e imagens de satélite usadas no período de análise para estimativas de vazão do rio.

Identificador	Data	JASON-2 Estação Virtual Altitude [m]	Estação Convencional Altura [cm (m)]	Estação Convencional Vazão [m³/s]	Imagem PlanetScope com Reflectância de Superfície
1	2018_01_03	179,049	579 (5,79)	3.022	incompleto/nuvem
2	2018_01_13	178,917	561 (5,61)	2.819	incompleto/nuvem
3	2018_01_23	180,478	623 (6,23)	3.552	disponível
4	2018_02_02	180,404	597 (5,97)	3.233	incompleto/nuvem
5	2018_02_12	180,165	608 (6,08)	3.366	incompleto/nuvem
6	2018_02_22	180,615	679 (6,79)	4.294	incompleto/nuvem
7	2018_03_04	181,030	708 (7,08)	4.710	disponível
8	2018_03_13	181,103	710 (7,10)	4.739	incompleto/nuvem
9	2018_03_23	180,913	685 (6,85)	4.379	incompleto/nuvem
10	2018_04_02	180,931	691 (6,91)	4.464	incompleto/nuvem
11	2018_04_12	180,651	667 (6,67)	4.129	incompleto/nuvem
12	2018_04_22	180,508	666 (6,66)	4.115	disponível
13	2018_05_02	180,419	627 (6,27)	3.602	incompleto/nuvem
14	2018_05_12	179,721	536 (5,36)	2.550	disponível
15	2018_05_22	179,557	464 (4,64)	1.857	imagens TOA
16	2018_06_01	179,220	454 (4,54)*	1.767*	disponível
17	2018_06_11	179,248	421 (4,21)	1.500	disponível
18	2018_06_21	178,612	372 (3,72)	1.144	imagens TOA
19	2018_07_01	179,049	355 (3,55)	1.032	incompleto/nuvem
20	2018_07_10	178,217	345 (3,45)	970	incompleto/nuvem
21	2018_07_20	178,786	334 (3,34)	904	disponível
22	2018_07_30	177,912	328 (3,28)	868	disponível

\* média entre 02/06/2018 e 31/05/2018

Fonte: Autor.

Nessas 8 imagens, foram determinadas as áreas de corpos d'água variando de 39.924 a 54.846 m<sup>2</sup> para o *buffer* 50 m, de 173.313 a 276.984 m<sup>2</sup> para o *buffer* 250 m, de 320.805 a 557.586 m<sup>2</sup> para o *buffer* 500 m, e de 563.895 a 1.097.469 m<sup>2</sup> para o *buffer* 1000 m (Tabela 2). Considerando os valores máximos dos corpos d'água em cada *buffer*, verificou-se que a área de inundação corresponde a 77,3%, 63,9%, 52,5% e 37,7%, respectivamente, para as áreas de *buffer* de 50 m, 250 m, 500 m e 1000 m.

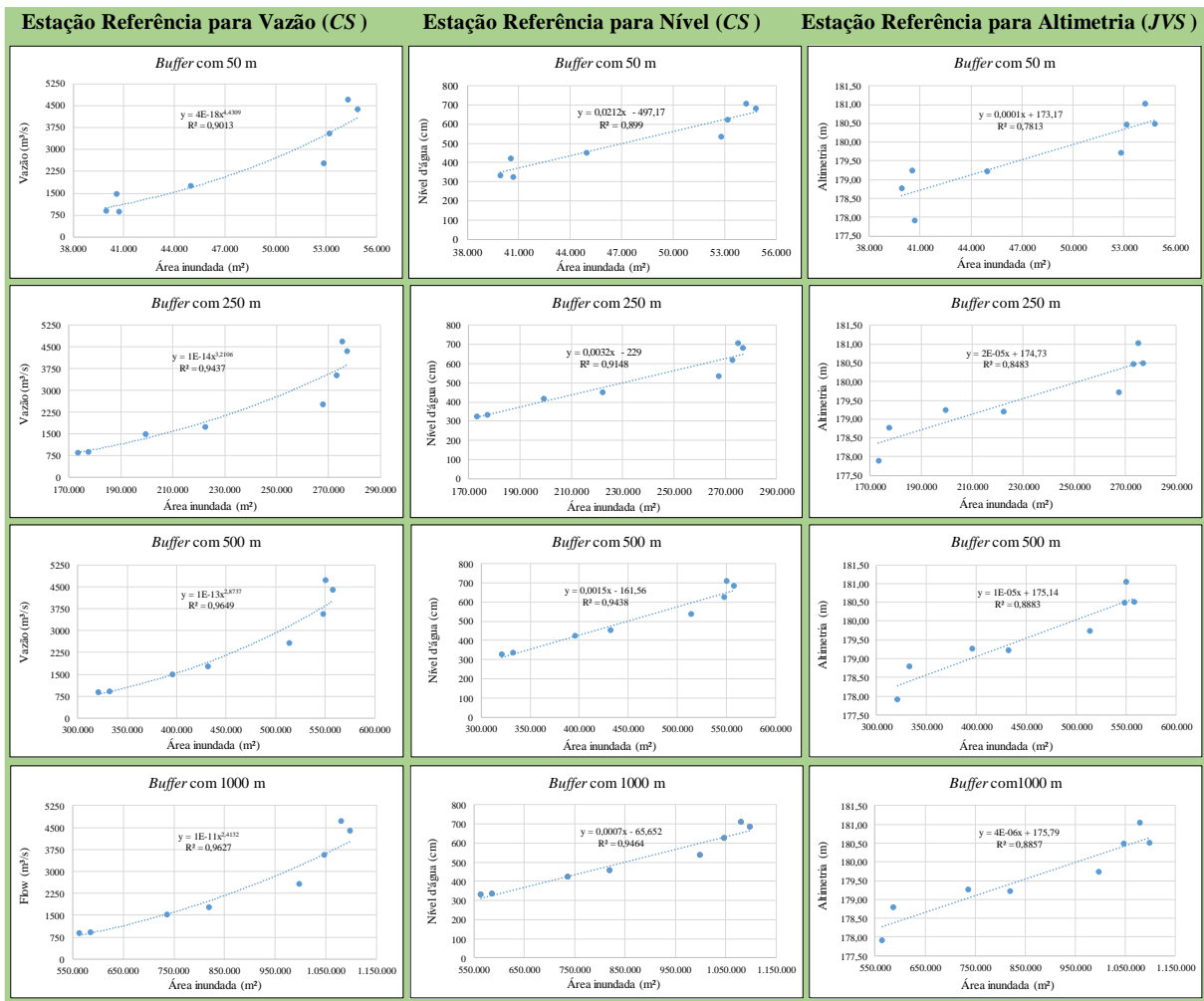
Tabela 2 - Área inundada calculada nas imagens *CubeSat* dentro dos *buffers* para valores de pixel com NDVI menor que 0,15.

<b>Identificador</b>	<b>Data das Imagens PS RS</b>	<b>Área Inundada com Buffer 50m (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Inundada com Buffer 250m (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Inundada com Buffer 500m (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Inundada com Buffer 1000m (m<sup>2</sup>)</b>
<b>3</b>	2018_01_23	53.181	273.024	547.929	1.046.745
<b>7</b>	2018_03_04	54.261	275.040	550.251	1.079.640
<b>12</b>	2018_04_22	54.846	276.984	557.586	1.097.469
<b>14</b>	2018_05_12	52.839	267.615	513.891	997.580
<b>16</b>	2018_06_01	44.964	222.336	431.730	819.477
<b>17</b>	2018_06_11	40.572	199.512	395.604	736.335
<b>21</b>	2018_07_20	39.924	177.471	332.415	585.909
<b>22</b>	2018_07_30	40.707	173.313	320.805	563.895

Fonte: Autor.

Com base nas áreas dos corpos d'água determinadas em cada área de *buffer*, foram ajustados os modelos de regressão conforme pode ser observado na Figura 14. Devido aos valores dos dados obtidos e sua medida de grandeza, a equação da vazão do rio foi ajustada ao modelo de regressão do tipo potência, enquanto as equações de nível de água e altimetria foram ajustadas a modelos de regressão linear.

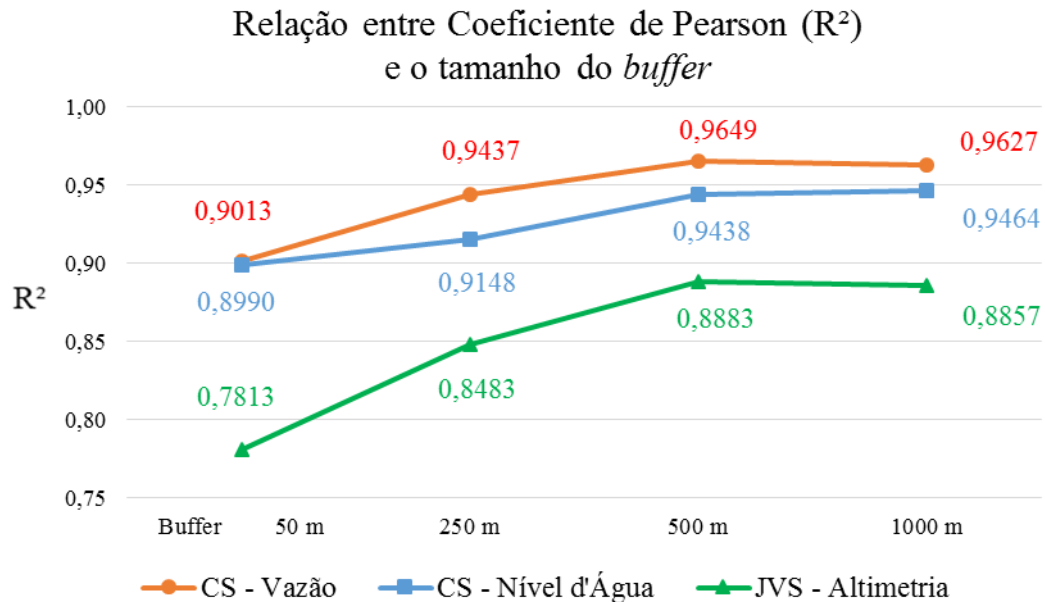
Figura 14 - Curvas de regressão referente ao cruzamento de 3 estações de referências e 4 tamanhos diferentes de *buffer*



Fonte: Autor.

Considerando os resultados obtidos nos modelos de regressão, foi verificado que um *buffer* de 500 m representou a menor área, capaz de fornecer um coeficiente de Pearson alto e que se manteve estável mesmo com o aumento da área proporcionado por um *buffer* maior (Figura 15). Portanto, o *buffer* de 500 m foi selecionado para ser a equação de referência para o CVS e estimar a vazão do rio.

Figura 15 - Relação entre  $R^2$  (eixo x) e os quatro tamanhos de *buffer* (eixo y) em relação ao ajuste das curvas para os três conjuntos de dados de referência (*CS* - vazão e nível de água e *JVS* - altimetria).



Para estimar a vazão do rio ( $Q_e$ ), nível de água ( $Le$ ) e altimetria ( $A_e$ ) foram determinadas a equação (12) ( $R^2 = 96,49\%$ ), a equação (13) ( $R^2 = 94,38\%$ ) e a equação (14) ( $R^2 = 88,83\%$ ) respectivamente; em que “ $Af500r$ ” é a variável que representa a área de inundação ( $m^2$ ) extraída quando se utiliza um *buffer* de 500 m em relação a seção transversal do rio estabelecida para esta pesquisa.

$$Q_e = 10^{-13} \cdot Af500r^{2.8737} \quad (12)$$

$$Le = 0.0015 \cdot Af500r - 161.56 \quad (13)$$

$$A_e = 10^{-5} \cdot Af500r + 175.14 \quad (14)$$

Em resumo, este método propõe uma estação virtual com dados *CubeSat* (*CVS*) estabelecida para o Rio Araguaia, podendo ser explorada o mesmo método para estimar e determinar curvas de vazão do rio, nível de água e altimetria para outros rios ao redor do mundo.

Esta Etapa A foi publicado no periódico *Science of Total Environmental* em 10/05/2021 (JUNQUEIRA *et al.*, 2021).

## 4.2 RESULTADOS DA ETAPA B

Esta etapa apresenta resultados da CVS proposta para a etapa B, em um período de 1644 dias de operacionalização da plataforma de alerta para disponibilidade de água na agricultura, formado de imagens adquiridas entre 31/07/2017 a 31/12/2021 pela constelação de *CubeSats* da Planet. Neste intervalo, foram processadas imagens para 843 dias, sendo que 428 dias foram imagens excluídas por conter a presença de nuvens, névoas, sombra, dentre outras situações que potencialmente poderiam produzir distorções aos resultados. Estas exclusões foram limitadas por áreas inundadas com valores superiores à 570.000 m<sup>2</sup> e inferiores a 110.000 m<sup>2</sup>. Desta forma, para o período foram aproveitados 415 dias (25,2% do período estudado), o que representou cerca de 1 imagem válida a cada 4 dias para toda a área do objeto monitorado. Vale destacar que só foram utilizadas imagens que cobriam 100% da CVS, portanto, o uso de mosaicos de imagens adquiridas no mesmo dia permite um aproveitamento potencial de coberturas válidas ainda maior.

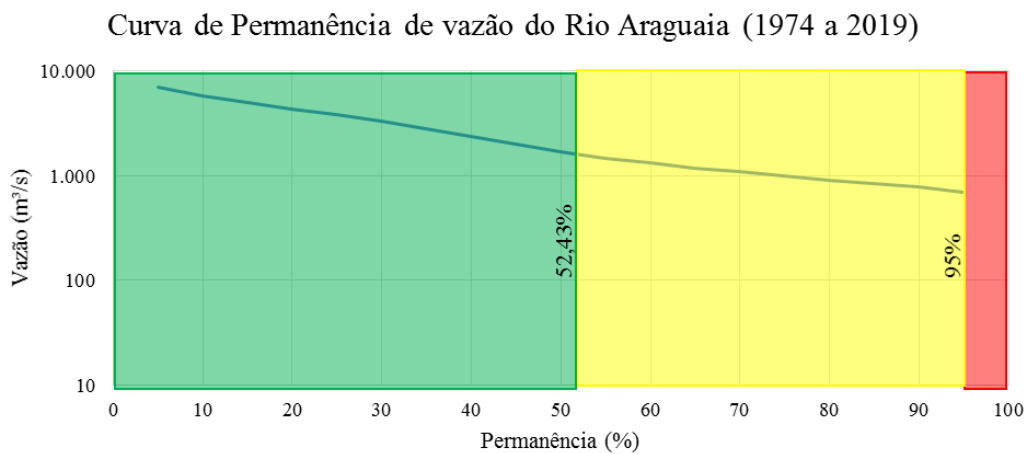
A plataforma foi implementada em uma área de 1,0701 km<sup>2</sup> coincidente com a área com *buffer* de 500 m utilizada na Etapa A e apresentada na Figura 9.

Para se determinar valores que representam alerta na vazão de água para gestores e agricultores (alta escassez), região de atenção para a vazão (média escassez) e regiões com regimes considerados com excelentes condições de habitats e usos recreativos (baixa escassez), foram utilizados dados da curva de permanência de vazão (Figura 16), elaborados a partir de informações da estação fluviométrica mais próxima com dados referentes a um período de 45 anos (início de 1974 até final de 2019). Isso representou 16.758 registros utilizados para a determinação da vazão média, vazão regularizável, vazão adequada para agricultura (Q<sub>52,43%</sub>), vazão mínima e vazão de estiagem (Q<sub>95%</sub>). Importante destacar que o eixo que representa a vazão na curva de permanência utiliza uma escala logarítmica, o que é frequentemente adotado para este tipo de curva para melhor compreensão da variação em relação do percentual de permanência. Assim, quanto mais inclinado for a curva entre os percentuais de 5 e 95%, maior é a variação entre os períodos de seca e cheia do rio.

Os dados de referência utilizados apresentaram, para o período 1974 a 2019, a vazão do rio variando de 478,69 a 12.310,56 m<sup>3</sup>/s. Nesse período, foi encontrado valores para vazão média de 2.630,64 m<sup>3</sup>/s, vazão regularizável de 2.367,58 m<sup>3</sup>/s, vazão adequada para agricultura de 1.578,38 m<sup>3</sup>/s (representando uma área inundada de 505.887 m<sup>2</sup>), vazão mínima de 507,49 m<sup>3</sup>/s (área inundada equivalente à 222.216 m<sup>2</sup>) e vazão de estiagem de 694,90 m<sup>3</sup>/s (área inundada equivalente à 300.789 m<sup>2</sup>). Para o disparo de e-mails de alerta, foi considerado a vazão

de estiagem, que é cerca de 37% maior que a vazão mínima, considerado um valor de vazão já muito crítico para o rio. Assim, a relação com a área inundada foi determinada para os valores utilizados na representação das classes: alerta (vermelho) para valores menores que 300.789 m<sup>3</sup>/s com gatilho do envio de e-mail de notificação; atenção (amarelo) entre valores de 300.790 m<sup>3</sup>/s a 505.887 m<sup>3</sup>/s; e normal (verde) para valores maiores que 505.888 m<sup>3</sup>/s onde o consumo de água pela agricultura não compromete a sustentabilidade do rio.

Figura 16 - Curva de permanência de vazão do Rio Araguaia entre 1974 e 2019.



Fonte: Autor.

Para implementação do cálculo das vazões na plataforma, foram determinadas novas equações para vazão do rio ( $Q_e$ ) e nível de água ( $L_e$ ), ajustados a maior quantidade de valores obtidos entre o período de julho/2017 a dezembro/2021, e expressos na equação (15) ( $R^2 = 92,55\%$ ) e Equação (16) ( $R^2 = 91,23\%$ ) respectivamente.

$$Q_e = 208,64 \cdot e^{(0,000004 \cdot Af500r)} \quad (15)$$

$$L_e = 177,1 \cdot e^{(0,000002 \cdot Af500r)} \quad (16)$$

A equação para altimetria ( $A_e$ ) foi mantida conforme estabelecida na etapa A (equação 14), assim demonstrando a facilidade de operacionalização de diferentes equacionamentos a uma CVS.

As curvas de regressão para as equações de vazão ( $Q_e$ ) e cota ( $L_e$ ) em relação à área inundada extraída de imagens *CubeSat* são apresentados, respectivamente, nas Figura 17 e 18.

Figura 17 - Curvas de regressão para vazão do rio ( $Q_e$ ) em relação à área inundada extraída de imagens *CubeSat*.

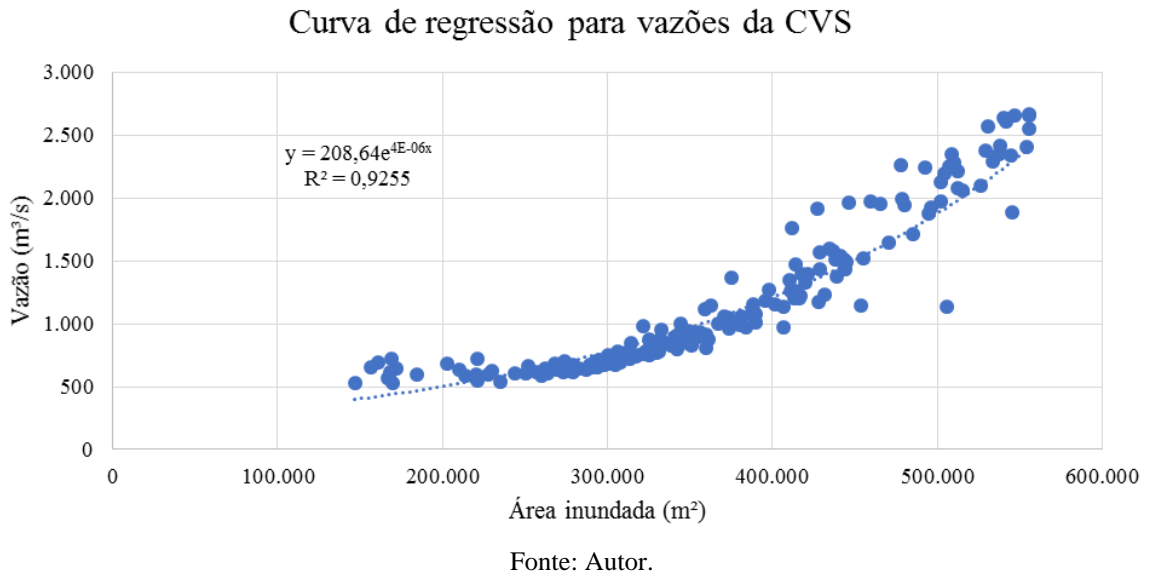
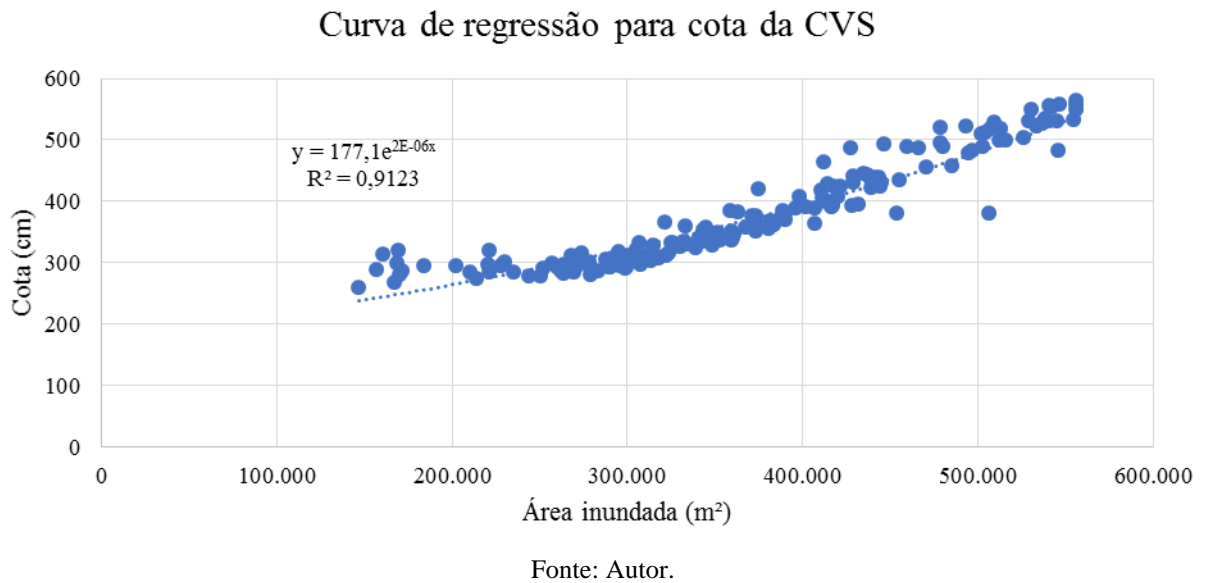


Figura 18 - Curvas de regressão para cota ( $L_e$ ) do rio em relação à área inundada extraída de imagens *CubeSat*



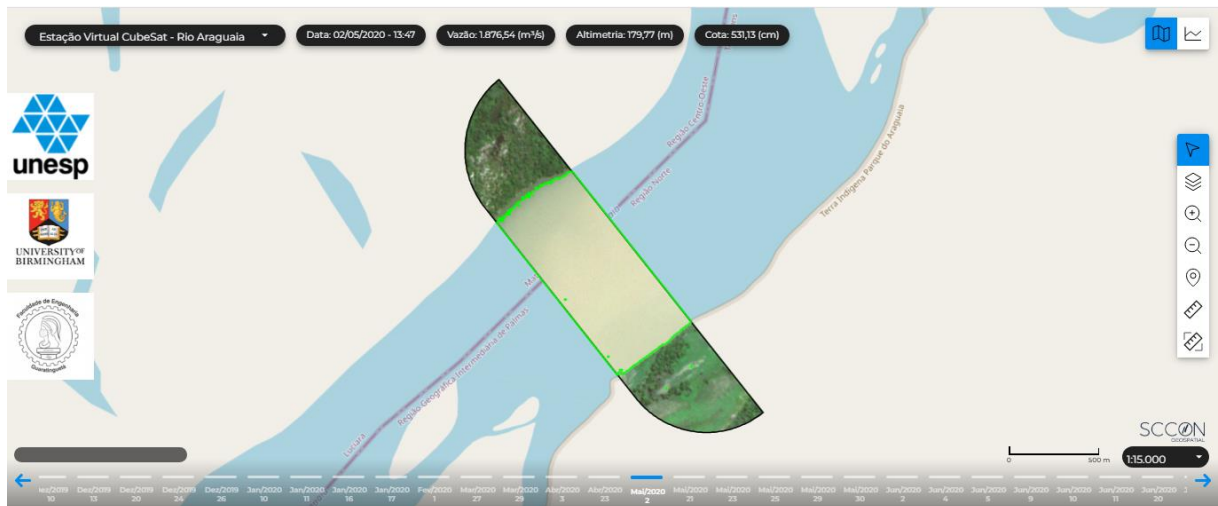
O acesso ao sistema pode ser feito por meio do endereço [recursos-hidricos.scon.com.br](http://recursos-hidricos.scon.com.br) onde cada usuário cadastrado possui acesso por meio de e-mail e senha individualizada conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Tela inicial para acesso à plataforma de alerta.

Fonte: Autor.

Após acesso autenticado, a plataforma de alerta apresenta como resultado ao usuário final uma interface que pode ser acessada por diferentes navegadores *Web*, onde é possível a realização de diversas interações, com a apresentação de resultados em formato de mapa ou em formato de gráficos através de um botão que se apresenta no canto superior direito da tela (Figura 20).

Figura 20 - Tela inicial com apresentação de resultados em formato de mapa.



Fonte: Autor.

Na parte inferior da Figura 20 é apresentado um carrossel com todas as datas válidas, e que podem ser selecionadas livremente pelo usuário para consulta das condições de vazão, cota e altimetria média neste trecho do rio (equações 14 - 16, também expressas no Apêndice A). Ainda na parte inferior da Figura 20, mas acima do carrossel, são localizadas informações

complementares, como escala, nível de zoom no qual o resultado é apresentado em tela e identificação da plataforma SCCON.

A estação CVS está sendo apresentada na parte superior esquerda da Figura 20, bem como, as condições de vazão, cota e altimetria para a data selecionada. No lado esquerdo estão colocados os brasões das instituições que participaram do projeto de pesquisa. No lado direito, encontra-se um menu de ferramentas e ao centro o polígono *GeoJson* utilizado para delimitar a CVS, com imagem *CubeSat Planet* para a data selecionada pelo usuário

A plataforma de alerta, em sua apresentação em formato de mapa, transmite de forma simplificada o senso de urgência em relação à escassez hídrica, apoiado por 3 classes em formato de um semáforo representado pelas cores vermelho, amarelo e verde (Figura 21).

Figura 21 - Representação das 3 classes de alertas (verde, amarelo e vermelho) em função da vazão detectada e respectivo aumento de senso de urgência.

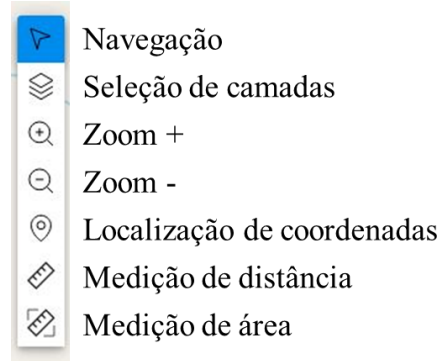


Fonte: Autor.

Foram mantidas para a implementação e demonstração desta plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura algumas ferramentas básicas da plataforma SCCON (Figura 22), tais como: ferramenta de navegação, usada para mover a posição do mapa na tela e identificação de coordenadas; ferramenta de seleção de camadas de fundo que apresentam 4 camadas de contexto, as quais podem ser chaveadas entre serviços *WMS* da internet, como *Open Street Map* (OSM), *Google Road*, imagem de satélite Google, imagem de satélite híbrida (fusão de imagens de satélite Google com informações referenciais de locais). Ainda nesta ferramenta podem constar outras bases de dados consumidos como serviços de internet (*WMS* ou *WFS*) e configuradas para apoiar os resultados publicados. As ferramentas de zoom + e – também estão disponíveis aos usuários, permitindo aproximar ou afastar a escala de visualização, função esta

que pode ser realizada a qualquer tempo com auxílio do botão de rolagem (*scroll*) do mouse ou aproximando e afastando dois dedos em telas sensíveis ao toque.

Figura 22 - Ferramentas complementares para apoio ao usuário.

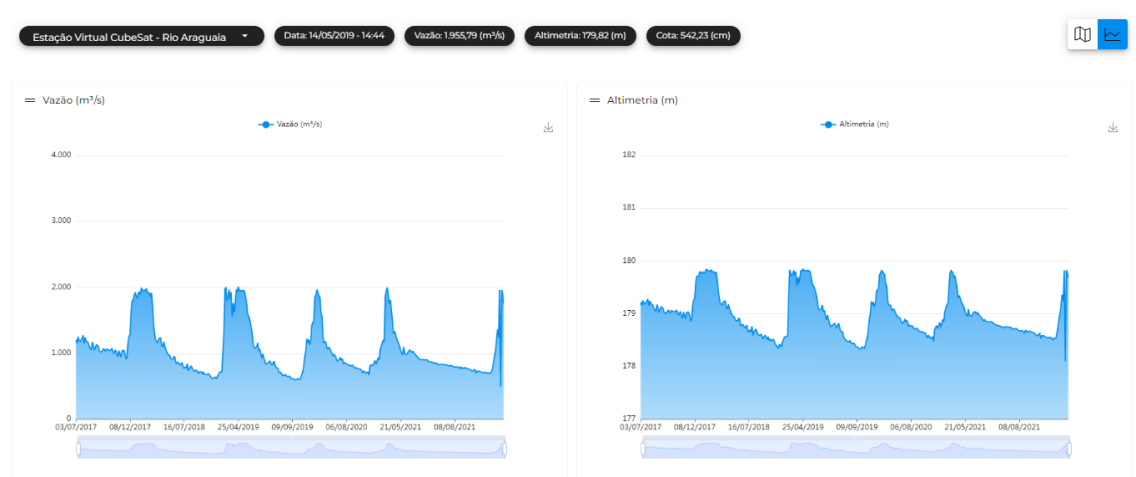


Fonte: Autor.

Para busca de uma localização, podem ser utilizadas as ferramentas de localização de coordenadas onde a consulta pode ser realizada em dois formatos (grau decimal ou grau-minuto-segundo). Existem ainda as ferramentas de medição de distância e área, as quais permitem que o usuário interaja com o mapa desenhando linhas ou polígonos que retornam, respectivamente, as informações de perímetros ou áreas.

Para a apresentação de resultados em formato de gráficos, é possível que o usuário tenha uma visão de todo o período de monitoramento realizado para cada CVS (Figura 23), bem como realize filtros para detalhamento de períodos específicos. Estes filtros podem ser alterados com a movimentação das balizas de seleção apresentadas abaixo de cada gráfico.

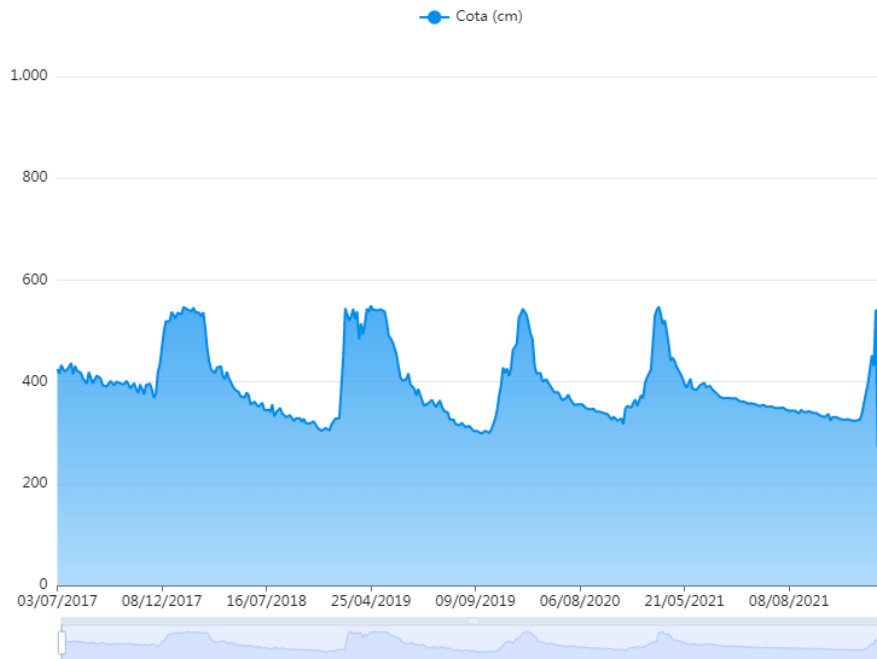
Figura 23 - Tela de gráficos ( $Q_e$ ,  $A_e$ ) com resultados para todo o período na estação selecionada.



Fonte: Autor.

Cada um dos gráficos pode ser exportado individualmente como figura no formato JPG bastando clicar na seta do canto superior direito. Além dos gráficos de vazão e altimetria apresentados na Figura 23, o ambiente *Web* da plataforma permite que o usuário faça rolagem da tela para ver o gráfico de cota (Figura 24).

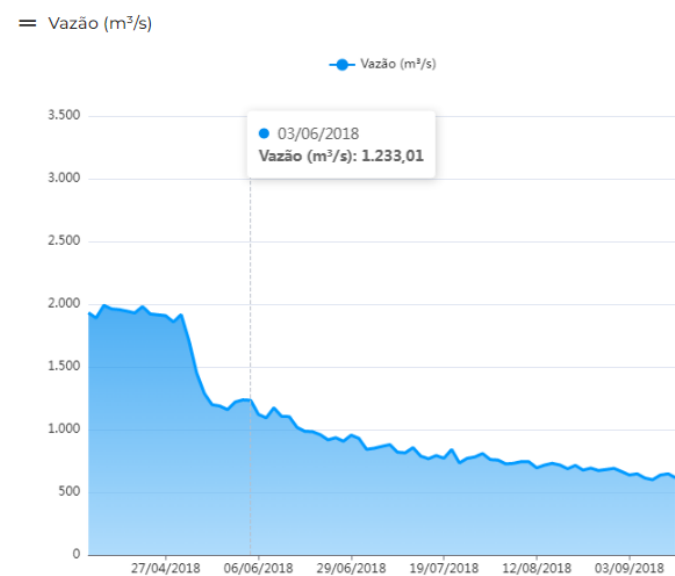
Figura 24 - Gráficos (*Le*) com resultados para todo o período exportado em formato de figura.



Fonte: Autor.

Os gráficos permitem a consulta e identificação de valores por interação direta, feita sobre a tela ou com o uso do mouse sobre um ponto no gráfico. A seleção de uma informação é facilitada com a consulta em períodos menores (filtragem aplicada no gráfico com uso das balizas localizadas abaixo do gráfico), o que gera uma imediata ampliação do detalhamento da forma do gráfico no eixo horizontal (Figura 25).

Figura 25 - Demonstração da interatividade no gráfico de vazão (seleção de período) e destaque na informação do dia 03/06/2018.



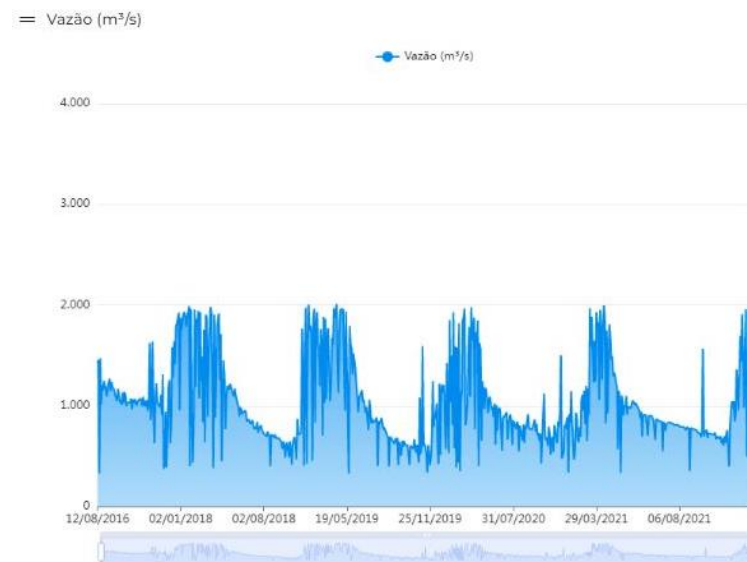
Fonte: Autor.

Para que os dados sejam publicados, é previsto uma etapa de auditoria (como também ocorre em métodos tradicionais de monitoramento), atribuído ao gestor da ferramenta que permite avaliar os resultados produzidos e excluir registros que potencialmente possam apresentar distorções devido a pequenas nuvens, efeitos de sombreamento, dentre outros problemas que possam ser detectados pela visualização dos resultados ou pela interpretação em relação às variações de vazões de datas próximas. Assim que é realizada a etapa de consistência de dados, são publicadas as curvas de vazão que melhor retratam a realidade de campo. Essa auditoria permite a exclusão de imagens ópticas com anomalias que não puderam ser suficientemente detectadas nos processos automáticos com o uso dos metadados.

Para demonstrar esta situação, foi realizado uma simulação de resultados sem aplicação de filtros para nuvens, utilizando-se de todos os 843 dias com imagens (cenas sem mosaicos) que recobrem toda a área de interesse disponíveis para o período. Portanto, a limitação de resultados ocorreu somente utilizando os limites implementados no algoritmo relacionada à área inundada (Apêndice A), que abrange valores superiores a 570.000 m<sup>2</sup> e inferior a 110.000 m<sup>2</sup>, os quais representaram 160 registros que excedem estes limites impostos e, portanto, tiveram seus resultados automaticamente expurgados. A Figura 26 ilustra o resultado desta simulação para o gráfico de vazão de todo o período e pode ser comparada com a Figura 23 também do gráfico de vazão para melhor compreensão da importância da

implementação de filtros de nuvens. Os percentuais de presença de nuvens podem ser configurados na plataforma entre 0 e 100% e complementado com processo de auditoria.

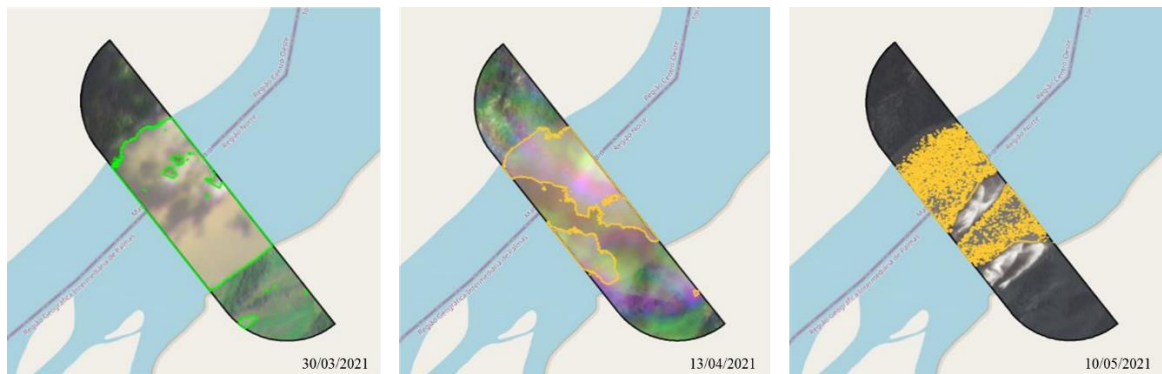
Figura 26 – Simulação de resultados de vazões da plataforma sem processo de controle de presença de nuvens e sem implementação do processo de auditoria.



Fonte: Autor.

Algumas das datas excluídas pelo processo de auditoria estão apresentadas na Figura 27 e denotam principalmente dias com névoas, sombras de nuvens que estavam em áreas próximas, problemas específicos relacionados ao processo de correção atmosférica ou presença de erro no dado.

Figura 27 - Exemplo de dias que foram eliminados pelo processo de auditoria.



Fonte: Autor.

Para que ocorra a publicação e eventual notificação de alerta, a gestão interna da informação pela plataforma SCCON, é controlada pelo campo <status> da tabela <download\_image> por data processada. O Apêndice E contém um extrato do banco de dados para os campos <id\_download\_image>, <status>, <image\_id>, <area> e <flow> para todas as 843 datas processadas.

Destaca-se ainda que ao analisar o banco de dados por ano e os instrumentos sensores da constelação *CubeSat* entre 2017 e 2021, foi possível observar um aumento no número de sensores em órbita (115 para 228), o que contribuiu com um aumento da quantidade de dias com imagens processadas pela plataforma de alerta (26,3% para 62,5%), sendo mais de 50% das imagens de 2021 provenientes dos novos sensores *SuperDove* (Tabela 3).

Tabela 3 – Dias com imagens processadas por ano e instrumentos sensores entre 2017 e 2021.

<b>Ano</b>	<b>Sensor Dove</b> (dias utilizados)	<b>Sensor Dove-R</b> (dias utilizados)	<b>Sensor SuperDove</b> (dias utilizados)	<b>Total de dias</b>	<b>Percentual de dias no ano com imagens processadas pela plataforma de alerta</b>	<b>Quantidade de Cubesat Planet utilizados</b>
2017*	35	61	-	96	26,3%	115
2018	61	104	-	165	45,2%	115
2019	42	131	-	173	47,4%	135
2020	24	124	33	181	49,6%	159
2021	16	72	140	228	62,5%	228

\* Ano de 2017 com dados a partir de 01/07/2017.

Fonte: Autor.

A medida que o processo de auditoria é implementado aos resultados, os dados ficam disponíveis para acesso amplo aos usuários cadastrados o que permite então, que seja disparado o e-mail de notificação, sempre que a vazão estiver menor que o nível de alerta configurado.

O texto do e-mail de alerta é um parâmetro que pode ser configurado na plataforma, permitindo assim trazer contexto dinâmico da informação para o dia ao qual o alerta foi disparado. Somente usuários cadastrados para a referida CVS estão aptos para receber o e-mail de notificação do alerta (Figura 28).

Figura 28 – Exemplo de e-mail de notificação do alerta.

De: <[plataforma@scoon.com.br](mailto:plataforma@scoon.com.br)>  
Date: sex., 7 de jan. de 2022 às 17:48  
Subject: Alerta de Vazao na data 20-09-2019  
To: <[adriano.junqueira@scoon.com.br](mailto:adriano.junqueira@scoon.com.br)>

Caro(a) Adriano Junqueira,

Foi detectado uma vazão abaixo da vazão de estiagem (Q95%) para a Estação Virtual CubeSat localizada no Rio Araguaia (10° 54'4 2,0" S; 50° 36'4 8,8" W - Datum WGS 84.). Torna-se importante uma avaliação mais detalhada para garantir que a qualidade e quantidade de água, no tempo e no espaço, sejam necessários para manter os componentes, as funções e os processos deste ecossistema aquáticos. Decorre-se então a eventual necessidade de suspensão temporária de outorga de captação de recursos hídricos e/ou licenças de operação do barramento/elevatória.

ID da imagem utilizada para a detecção: 20190920\_131843\_1005

Data do Alerta: 2019-09-20 13:18:43 UTC

Vazão detectada na Estação Virtual Cubesat: 591.928753 m³/s

Link para acesso a informações complementares: <https://recursos-hidricos.scoon.com.br>

Informação gerada com imagem CubeSat Planet e Plataforma SCCON em decorrência de modelagens e simulações apresentadas na tese de doutorado da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

Fonte: Autor.

Em resumo, esta etapa B propôs a implementação de uma plataforma dinâmica de análise e alerta para disponibilidade de água, que faz uso de imagens *CubeSat* de alta temporalidade para estabelecer uma ou mais estações virtuais *CubeSat* (CVS) para o acompanhamento da vazão do rio, neste caso estabelecida para o Rio Araguaia. Essa plataforma oferece ao usuário uma interface simples para consciência situacional de sua sub bacia, fomentando o equilíbrio e sustentabilidade a partes do bioma. Esta aplicação é escalável, pode apoiar políticas públicas e ampliar a capacidade de gestão em diferentes dimensões de bacias hidrográficas.

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados das etapas A e B desta pesquisa são discutidos nos itens 5.1 e 5.2 respectivamente.

### 5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ETAPA A

Os dados hidrográficos obtidos de satélites e outras fontes remotas fornecem a possibilidade de ampla cobertura global para estimativas de vazão de rios (LAKSHMI, 2004; BAHADUR; SAMUELS, 2013). Os avanços na capacidade de computação e armazenamento de dados associados às inovações na área de SR por satélite estão permitindo o monitoramento global de diferentes variáveis relacionadas ao ciclo da água (LETTENMAIER *et al.*, 2015; MCCABE *et al.*, 2017). Atualmente, o aumento do número de *CubeSats* traz imagens com melhor custo-benefício e maiores resoluções espaço-temporais do que outros satélites comerciais (HOUBORG; MCCABE, 2018a).

Atualmente, os satélites de *CubeSats* Planet formam a única constelação comercial disponível capaz de capturar imagens ópticas diárias com alta resolução de toda a superfície da Terra. No Brasil, existe um programa nacional, Programa Brasil Meio Ambiente Integrado e Seguro<sup>8</sup>, que fornece imagens do Planet com alta resolução (3 m ortorretificada por pixel) disponível gratuitamente para instituições governamentais em todo o território brasileiro.

O acesso às imagens do *CubeSat* é uma importante decisão política e econômica. O uso de informações de satélite é uma forma econômica de medir a vazão do rio usando estações de medidores *in situ* as quais são caras para instalar, manter e operar (ZAJI; BONAKDARI; GHARABAGHI, 2018). De acordo com o *US Geological Survey (USGS)*, o custo de uma estação de medição *in situ* típica envolve diversos custos associados às suas atividades, que são estimados em 41% para mão de obra (campo e escritório), 25% para atividades administrativas, 10% para construção e utilidades, 10% para equipamentos de campo, 7% para gerenciamento e entrega de dados, 5% para veículos e 2% para viagens (NORRIS, 2010). Essas porcentagens podem variar de acordo com a localização e as condições, especialmente em áreas remotas onde as estações de medição *in situ* exigem trabalhos de campo caros (NORRIS, 2010). Além de reduzir custos, a implementação de sensoriamento remoto baseado em tecnologia para vazão de rios pode evitar a exposição dos agrimensores a rios perigosos e inacessíveis

---

<sup>8</sup> <https://www.gov.br/mj/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-brasil-mais/>

O monitoramento dos rios requer um sistema confiável, sendo o nível da água e a vazão do rio os dois parâmetros essenciais nesta análise (LAKSHMI, 2004; MAO *et al.*, 2019). Além disso, o monitoramento requer ferramentas de modelagem integradas que contemplem escalas espaciais e temporais adequadas, envolvendo aplicações matemáticas (MANNSSCHATZ; WOLF; HÜLSMANN, 2016). Neste contexto, foi desenvolvido um método para estimativa de vazão de rios usando imagens *CubeSat* Planet para detectar mudanças na superfície da área de inundação, que pode ser usada como uma CVS.

Embora os métodos de descarga fluvial a partir da medição direta de largura, profundidade e velocidade (baseado no método velocidade-área) fornece um nível de precisão maior do que o sensoriamento remoto orbital (BJERKLIE *et al.*, 2005), a metodologia proposta utilizou uma abordagem que se baseia na identificação da superfície da água a partir de características morfológicas que são mais fáceis de reconhecer do espaço. As feições geomórficas e dinâmicas estruturais relacionadas à vazão do rio como tipo de canal, inclinação do canal, rugosidade do canal, profundidade e velocidade foram assumidas associadas às geometrias hidráulicas do rio e podem ser usadas para desenvolver métodos de calibração mais robustos.

Os dados de CVS obtidos foram comparados com as medidas de nível de água e vazão do rio de uma CS e altimetria da JVS, localizada no Rio Araguaia. Analisando os dados de CS coletados nesta pesquisa, observou-se uma correlação completa ( $R^2 = 1$ ) entre as medidas de nível de água e vazão do rio, indicando que a estação de referência *in situ* utilizada estava bem calibrada. Também foi encontrada uma alta correlação das medições do nível de água CS com os dados de altimetria JVS ( $R^2 = 0,85$ ), confirmando que o SR por satélite pode ser uma ferramenta útil para a estimativa do fluxo do rio. Bogning *et al.* (2018) também encontraram uma boa correlação ( $R^2 > 0,82$ ) quando os registros de medidores *in situ* foram comparados aos níveis de água baseados em altimetria de vários satélites, compostos por uma rede de estações virtuais de medida de altimetria (ENVISAT, SARAL, ERS- 2, dados Sentinel - 3A, JASON - 2 e JASON - 3). Esta análise foi realizada na bacia do rio Ogooué, localizada no Gabão, com vazão fluvial anual de 4.750 m<sup>3</sup>/s e regime hidrológico úmido-seco semelhante às características da nossa pesquisa no Rio Araguaia.

Smith e Pavelsk (2008) demonstraram que as variações de largura detectadas remotamente foram bem correlacionadas com as medições do solo para descarga do rio ( $R^2 = 0,81$ ) quando feitas dias depois e centenas de quilômetros a jusante. Gleason e Smith (2014) demonstraram que estimativas úteis de vazão absoluta do rio podem ser obtidas, exclusivamente a partir da largura do rio, usando imagens múltiplas de satélite Landsat, por

meio de uma lei de escala característica chamada Geometria Hidráulica em Múltiplas Estações (*AMHG*), sem base terrestre ou informações a priori. O *AMGH* foi calculado com o monitoramento de grandes extensões (10 a 13 km) por SR ao longo do rio.

O *JVS* e o Landsat podem ser empregados no caso de falta de curvas de vazão do rio e geometrias de seção transversal, bem como quando os níveis de água ou medições de vazão estão faltando nos dados históricos da estação *in situ*. No entanto, o uso de dados *JVS* e Landsat em um contexto de hidrodinâmica de rio é limitado pela cobertura de dados no tempo e no espaço, o que pode ser insuficiente para capturar as principais variações espaço-temporais na elevação da superfície da água (HOUBORG; MCCABE, 2018b) em uma base diária. Além disso, o *JVS* pode ser usado apenas para monitorar o nível de rios mais largos (HUANG *et al.*, 2018) que se cruzam com as trilhas de passagem do satélite *JASON-2*.

Nesta pesquisa, o método utilizando imagens Planet *CubeSat* oferece a possibilidade de monitorar rios mais estreitos do que os avaliados por *JVS* e Landsat devido à sua maior resolução espacial (HOUBORG; MCCABE, 2018a, 2018b). Além disso, a constelação Planet permite monitorar rios ao redor do mundo (KÄÄB; ALTENA; MASCARO, 2019) com mais flexibilidade para estabelecer estações virtuais *CVS* que as *JVS* que são limitadas às interseções de passagem do satélite. O fato de utilizar imagens Planet *CubeSat* de alta resolução, com baixa inclinação de aquisição, reduz o efeito de sombra e aumenta os detalhes de identificação da borda do rio.

Isso concorda com Bjerklie *et al.* (2003), o qual reforça que mesmo que o rio sempre pudesse ser diferenciado da paisagem circundante, canais mais estreitos teriam maior incerteza nas estimativas de largura devido a largura relativa quanto à resolução das imagens. A precisão altimétrica para as estações *JVS* varia com a largura do rio, com melhor precisão quanto mais largos os canais (BJERKLIE *et al.*, 2018), enquanto para as estações *CVS* propostas a precisão na determinação do nível varia com a área inundada próxima à estação, com precisão dependente da inclinação nas bordas do canal, pois reflete na expansão da área inundada.

Para o período de estudo, foram selecionadas 8 imagens com datas correspondentes às medidas de referência *CS* e *JVS*. No entanto, muitas outras imagens do *CubeSat* Planet estavam disponíveis no período, com 110 imagens SR sem nuvem contra 22 medidas *JVS*, representando pelo menos 5 vezes mais informações do que os dados *JVS* para o Rio Araguaia. Embora muitas imagens Planet estivessem disponíveis, a decisão foi usar apenas as imagens que permitissem a comparação com *CS* e *JVS* na mesma data.

Os dados com imagens *CubeSat* mostraram uma estimativa de vazão bem correlacionada com a vazão do rio ( $R^2 = 96,49\%$ ) quando pequenos trechos do rio (500 m de *buffer*) foram

analisados. Essa correlação é superior aos dados da *JVS* e à correlação de vazão do rio ( $R^2 = 85,01\%$ ) que é uma das referências adotadas pela ANA no Brasil. Nos resultados usando imagens *CubeSat* também foram bem correlacionados com o nível de água *CS* ( $R^2 = 94,38\%$ ) e altimetria *JVS* ( $R^2 = 88,83\%$ ) quando avaliada a área de inundação ( $m^2$ ). De acordo com Papa *et al.* (2010), idealmente, a meta de acurácia para dados de vazão está dentro de  $\pm 5\%$  em relação ao valor verdadeiro, mas a comunidade científica concorda que a precisão de 15% a 20% é geralmente aceitável para medições de vazão.

Estações virtuais com imagens *CubeSat* mostraram maior exatidão e precisão em taxas de descarga de rio mais baixas, enquanto as estações virtuais *JASON* têm maior exatidão e precisão para taxas de descarga de rio mais altas. Isso é observado pelo fato de que no *CVS* é possível um melhor refinamento da área inundada mesmo com a presença de bancos de areia enquanto o *JVS* apresenta maior ruído na identificação da altimetria relacionada a essas áreas. Nas vazões mais altas do rio, observamos que o *JVS* apresentou melhores detalhes da altimetria, principalmente quando o aumento do nível do rio ocorreu dentro do canal sem acompanhar a expansão da área inundada.

Nesta pesquisa, observou-se visualmente um contorno refinado das áreas inundadas devido à resolução das imagens *CubeSat*. A partir dessa observação, procurou-se encontrar uma relação entre a largura do rio e um tamanho de *buffer* que proporcionasse menor demanda de áreas de imagem para atingir um coeficiente de Pearson alto. Foi observado que um *buffer* variando de 0,5 a 1 vez a largura média do trecho do rio estudado, permitiu chegar a esses resultados, mantendo estável até mesmo o valor do Pearson. Assim, a proposta permite a utilização de menos de 388  $km^2$  de imagens / ano para estabelecer uma estação virtual nestas condições, representando uma vantagem em comparação com a metodologia *AMGH*, que sugere a avaliação de múltiplas larguras de rios em trechos maiores que 10 km. Utilizando imagens Planet de 3 metros como referência, Pôssa *et al.* (2018) observaram um ligeiro aumento na precisão no delineamento da superfície da água em comparação com as imagens Landsat e Sentinel devido à resolução espacial das imagens de satélite.

No geral, esses experimentos nos permitem empregar um modelo de equação exponencial apoiado por imagens diárias do *CubeSat* para prever a vazão do rio em uma escala mensal, com base nas informações hidrológicas de superfície medidas do espaço. O uso de novas constelações, novos métodos aplicados à ciências hidrológicas e avanços nas resoluções (espacial, temporal e radiométrica) de SR possibilitam a aplicação de monitoramento de bacias cada vez menores, pois possuem cobertura de vários pixels e aquisições de dados mais frequentes (LAKSHMI, 2004). Além da medição da estimativa de fluxo, as imagens *CubeSat*

podem ser utilizadas para estudar outros processos relacionados à assimilação de dados; monitoramento e previsão de inundações; conectividade de várzea (COOLEY *et al.*, 2017); características da superfície da terra (uso da terra, temperatura, cobertura de neve) (REICHLE, 2008); fusão de imagens para mapeamento e monitoramento do uso da terra (JOSHI *et al.*, 2016; HOUBORG; MCCABE, 2018b); e monitoramento da qualidade da água (MACIEL *et al.*, 2020).

## 5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ETAPA B

Nesta pesquisa, foi observado na prática a necessidade de interação multidisciplinar para a implementação da plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura, além da importância de uma grande quantidade de dados de campo para validação dos modelos o que concorda com outros autores de que o SR orbital para ambientes aquáticos tem sido aplicado ao longo dos últimos 30 anos, com forte tendência de crescimento para as próximas décadas, o que demandará mais profissionais, dados de campo para modelagem e protocolos para o monitoramento contínuo e eficaz (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019). Além de reforçar a necessidade do desenvolvimento de modelos/processos/ferramentas apoiado pelo uso de tecnologias de SR para fornecer informações precisas e oportunas para a tomada de decisão (PAVELSKY, 2008; GLEASON; SMITH; LEE, 2014; SICHANGI *et al.*, 2016).

A plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura, implementada nesta pesquisa, contribui para ampliação das informações e iniciativas para gerenciar de forma adaptativa o risco hidrológico na direção de mitigar a emergente crise global da água (UNESCO, 2011).

A maior disponibilidade de dias com imagens processadas pela plataforma mostrou-se coerente com a expansão do número de *Cubesat Planet* em órbita, que passaram de cerca de 120 satélites em 2017 para mais de 200 no início de 2022, demonstrando um crescimento exponencial das tecnologias de *New Space*. Somado a isso, o aumento da área de cobertura de cada cena, adquirida pelos instrumentos sensores *Dove* (24 x 8 km), *Dove-R* (24 x 16 km) e *SuperDove* (32,5 x 19,6 km) (PLANET, 2021b), amplia ainda mais a usabilidade das imagens. Uma vez que a área adquirida de cada cena foi ampliada em 3,32 vezes, se for comparado uma cena do sensor *Dove* com uma cena adquirida pelo sensor *SuperDove*, isso, somado a maior disponibilidade de sensores, refletiram em um maior aproveitamento de imagens pela plataforma de alertas, resultando no uso de imagens em mais de 62% dos dias do ano de 2021

(Tabela 3), sem considerar, portanto, a utilização de mosaico entre cenas diárias com coberturas parciais da *AOI*.

Frazier e Hemingway (2021) também destacaram que devido ao tamanho das cenas, a necessidade de mosaicos para cobrir uma *AOI* em um projeto, frequentemente, é necessária. Entretanto, mesmo para cenas capturadas no mesmo dia, a combinação de várias gerações de sensores não é uma tarefa simples, em função das posições e larguras de banda das três gerações de satélites *CubeSats* portanto para o desenvolvimento desta etapa, optou-se pela utilização de cenas com cobertura integral da *AOI*.

Estes autores também discutiram uma situação encontrada em relação aos produtos da constelação *CubeSat* que foram vivenciadas algumas vezes durante a demonstração da plataforma de alerta. Este problema está relacionado aos arquivos de metadados da máscara de dados usáveis (arquivos *udm* e *udm2*), os quais destacam regiões com nuvens, porém podem ser insuficientes para detectar algumas inconsistências radiométricas gerais baseadas em pixels dentro e entre imagens *CubeSat Planet*. Além da possibilidade de ser encontradas linhas, bandas e outros problemas de qualidade de dados corrompidos, reforçando assim, a necessidade de uma atividade de auditoria antes da publicação proposto no processo da etapa B.

As imagens de satélite são amplamente utilizadas para caracterizar e monitorar a superfície da Terra frente às mudanças de uso e ocupação da terra e efeitos que modificam os componentes do ciclo hidrológico natural. Atualmente, dados de satélite de média resolução (10 a 30 metros) estão disponíveis gratuitamente e abertos em escala global (Landsat 7/8/9 e Sentinel). Ainda que essas séries temporais de imagens de satélite sejam usadas para uma gama de aplicações, relacionadas a avaliação de cobertura de florestas, avaliações de campos e pastagens e acompanhamento da evolução agrícola, para produção de estimativas e relatórios em escala nacional, elas têm limitações devido à resolução espacial e período de revisita (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019). Neste sentido, esta etapa B do trabalho incorporou o uso de imagens de satélite de alta resolução espacial e temporal com resoluções significativamente mais detalhadas de forma a ampliar as possibilidades de análises e qualidade dos resultados o que corrobora com a observação realizado por (KÄÄB; ALTENA; MASCARO, 2019; DUGDALE, 2022; KALACSKA *et al.*, 2022), que destaca que o aumento da disponibilidade de registros com imagens de alta resolução de satélites continuam a ser uma fonte de informações valiosas sobre mudanças na paisagem no longo prazo.

Com um período maior de dados utilizados na etapa B (julho 2017 a dezembro de 2021) do que na etapa A, foi possível comprovar que a plataforma conseguiu reproduzir de forma automatizada o comportamento da vazão do rio com grande fidelidade a partir de imagens de

satélite ópticas com alta resolução espacial e temporal, gerando notificações oportunas de alertas em relação à alta escassez e destacando períodos com média escassez neste trecho do rio. Estes intervalos de vazões são considerados relevantes para o processo de conscientização da sociedade e importantes para serem trabalhados para redução de riscos de agravamento da situação. A equação de vazão e cota implementadas apresentaram um coeficiente de Pearson superior a 90% ( $R^2=0,9255$ ), o que é considerável aceitável para medições de vazão (PAPA *et al.*, 2010).

Observou-se que existe para cada região onde a CVS é implementada, uma dependência com a variação de área inundada. No caso implementado para o Rio Araguaia, as áreas inundadas foram estabelecidas entre 110.000 m<sup>2</sup> e 570.000 m<sup>2</sup>, respectivamente variando entre 10,3% e 53,3% da área da AOI definida para esta CVS. Uma vez que se pretendia demonstrar a implementação de uma plataforma para alertas para disponibilidade de água e vazões, no caso de vazões com áreas inundadas, existe um comprometimento geral do rio monitorado e que para vazões superiores a  $Q_{53,43\%}$  já se tem excelentes condições de sustentabilidade da vida aquática, a áreas inundadas superiores a 570.000m<sup>2</sup> representam uma vazão de praticamente o dobro da vazão  $Q_{53,43\%}$ .

Especialmente buscando refletir a variação da vazão, no Rio Araguaia, de forma que a sociedade possa entender diferentes situações de escassez que gerem ameaça à vida aquática, à recreação e aos recursos ambientais relacionados, a plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura proposta gerou 34 notificações de alertas disparados ao longo do período monitorado de 4,5 anos. Isso representou que este trecho do rio esteve em mais de 8% das informações validadas pela plataforma, com vazões inferiores à vazão de estiagem ( $Q_{95\%}$ ), portanto, onde a vazão é considerada aquém da vazão mínima necessária para fins de abastecimento público em captações a fio d'água.

No Brasil, os métodos empregados para avaliação de vazões mínimas garantidas têm-se dado a partir de critérios de natureza estatística e hidrológica, que não levam em conta as dimensões sanitária, ecológica e econômica dessa vazão. Portanto, torna-se oportuno o estudo de métodos que levem em consideração a ecologia aquática, bem como o desenvolvimento de suportes metodológicos de auxílio à tomada de decisão, que auxiliam na determinação dessa vazão (BEZERRA, 2001). Na etapa B, foi demonstrado a possibilidade de exploração de diferentes critérios de vazão para serem empregados pela plataforma de alerta. Um foco especial foi dado no uso e disseminação do método de Montana (TENNANT, 1976), o qual prioriza o ecossistema aquático (na relação entre o habitat e a vazão) como um dos limites para a

determinação da vazão adequada para o uso de água na agricultura no trecho de rio utilizado para as demonstrações.

Uma das formas apontadas pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) para reverter um quadro de insegurança hídrica é o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos (planejamento, controle do uso da água, monitoramento, operação e manutenção de sistemas hídricos, dentre outros.) e a incorporação de medidas para gestão de riscos, em detrimento da resposta a crises e visando à proposição de ações dirigidas ao aumento da resiliência da área envolvida (BRASIL, 2019). A plataforma de alerta e disponibilidade de água ratifica a possibilidade da incorporação de novas medidas para gestão de risco, a qual possibilita a coleta de dados (quantitativos e qualitativos) sobre o grau de alteração do meio ambiente (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009).

Este processo de aperfeiçoamento de gestão é convergente com a proposição de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água a agricultura proposto na etapa B e reforça a possibilidade de expansão e customizações para uso em outras sub bacias regionais, nacionais e continentais. Este trabalho também procurou demonstrar que o monitoramento e o controle para aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos, com enfoques de planos estaduais e municipais, podem tratar naturezas específicas e gerar soluções personalizadas em âmbito local, uma vez que foi implementado para uma região com dificuldades hídricas no Estado de Tocantins.

Com o desenvolvimento do *WebGIS*, torna-se possível que os dados geoespaciais e a tecnologia de operação automática sejam aplicados para processo de análises de riscos geográfico por exemplo, secas, inundações, deslizamentos e possam ser compartilhados livremente na web (WANG, W. *et al.*, 2015). O uso de linguagem *Python* para implementação destes *scripts*, como padrão na plataforma SCON, demonstrou a possibilidade da incorporação de diferentes modelos, inclusive implementados de forma incremental, com uso de sintaxe simples, de fácil aprendizado e com compreensão descomplicada de muitas bibliotecas existentes. As imagens *CubeSat Planet*, mesmo estando restritas a processos de licenciamento comercial podem ser modeladas para amplo acesso.

Em razão destes pontos, observa-se que a proposição de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água para a agricultura começa com a avaliação do elemento de vazão do rio de forma adaptada as realidades locais para gestão dos recursos hídricos e busca incentivar contribuições para formulação de políticas públicas estaduais e municipais. Entretanto, pode ter sua aplicação mais marcante relacionado ao dia-a-dia, com processos de fiscalização e monitoramento, beneficiando o uso dos recursos hídricos de forma equilibrada, fomentando a

expansão da agricultura e, em especial, a agricultura irrigada. A plataforma de alerta para disponibilidade de água reforça o compromisso em relação à segurança hídrica da região, possibilitando ampliar de forma virtual o número de medidores para controle de vazão de rio e a efetividade das ações de controle em campo. Esta plataforma de alerta é apoiada por ferramentas de inteligência geográfica em tempo quase real, preparando nossa sociedade para um cenário com eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes.

## 6 CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um método para estimativa de vazão de rio semiautomático usando dados do *CubeSat* Planet para detectar mudanças na superfície da área de inundação, usando o Rio Araguaia como banco de ensaio. O CVS proposto mostrou uma alta correlação com a descarga do rio e o nível de água da estação *in situ*. Na etapa seguinte desta pesquisa, a automatização de método criado pelo desenvolvimento de um sistema de monitoramento e alerta em tempo real demonstrou um amplo potencial para incorporação de indicadores globais relacionados a questões de sustentabilidade, ampliando a visibilidade para avaliações relacionadas aonexo água-energia-alimento-uso do solo-clima com a possibilidade de padronizações e comparações de resultados.

Os métodos propostos podem complementar informações para preencher lacunas na série de vazões diárias, entretanto mostra-se ainda mais importante para ações de conscientização e informação das comunidades, permitindo o engajamento de diferentes atores através da geração de alertas relacionados à qualidade da vazão de rios.

Para a agricultura, este trabalho se revela promissor ao poder antecipar situações de escassez na região (alertas podem ser configurados e disparados comparando com resultados em períodos equivalentes de anos anteriores), além da possibilidade de avaliar diferentes contribuições fluviais na sub bacia (ao se implementar diversas CVS ao longo de uma bacia).

Em relação aos desafios de nossa sociedade, este trabalho endereçou pontos voltados para assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água (ODS 6), a contribuição para criação de cidades e comunidades mais sustentáveis (ODS 11) e com geração de maior conscientização da produção e consumo responsáveis (ODS 12), fortificando ações contra as mudanças climáticas (ODS 13) e na conservação da biodiversidade (ODS 14, 15), além de cooperar para o desenvolvimento sustentável (ODS 17) na região onde é implementada uma vez que, endereça mecanismos de gestão da segurança hídrica.

### 6.1 SUGESTÃO DE PESQUISAS FUTURAS

A partir dos resultados desta tese e dos tópicos estudados, foi possível vislumbrar muitas outras possibilidades de pesquisas, tanto relacionado ao aprimoramento do uso de imagens de satélite *CubeSat* (exploração de outras grandezas relacionadas a um determinado rio ou sub bacia), aplicação de técnicas de redes neurais artificiais (RNA), interação entre as imagens *CubeSat* com outros sensores orbitais (óptico, radar, multiespectral, térmico, dentre outros) e

diferentes sensores *IoT* integrados ao campo. Além disso, vislumbra-se que esta plataforma pode ser ampliada de forma multidisciplinar em diferentes aplicações, gerando conhecimento e rastreabilidade, principalmente em um momento que a sociedade se encontra ávida por informações oportunas, precisas e que gerem transparência para avaliação de questões não financeiras, as quais hoje vem sendo discutidas e demandadas através do conceito de *ESG*.

A possibilidade de uso de grande quantidade de informações apoiada por plataformas tecnológicas nas mais diversas aplicações pode permitir que o conteúdo gerado fomente diferentes perguntas exploratórias, possa ser adaptado a diferentes regiões geográficas e utilizado para educação ambiental na demonstração de situações de vazão do rio e do consumo de água. Alguns dos temas que podem ser desenvolvidos, em complemento à pesquisa realizada, poderiam ser: aplicações com relações de outras bandas dos satélites Planet *CubeSat* e a fusão de dados entre diferentes sensores orbitais; para pesquisas diretamente relacionadas com SR.

Nas pesquisas aplicadas para engenharia hidrológica/hidráulica observamos a possibilidade de gradativamente implementar novas relações/modelagens para ampliar capacidade de gestão de volume, vazão e qualidade de água buscando alcançar relações com conservação e proteção ambiental, quando associados à outras informações, tais como temperatura, uso do solo, fauna e flora, além de pesquisas associadas ao uso de estações virtuais para entendimento de questões relacionadas à diluição de esgoto e simulação de processos de transporte de sedimentos.

Como uma interface multidisciplinar para estudos de parâmetros físicos, químico e biológicos aplicados em pesquisas junto a engenharia ambiental, pode-se desenvolver novas interfaces para a plataforma de alerta voltada ao estudo de diferentes índices de qualidade de água (clorofila, sólidos em suspensão, macrófitas, dentre outras); acompanhamento e investigação de variação de condições físico-químicas; desenvolvimento de simulações de micro-habitat físico; além de suportar o desenvolvimento de indicadores ESG.

Alguns dos desdobramentos e pesquisas que podem ser planejados e implementados a partir do uso de tecnologias *CubeSat* e plataformas geospaciais escaláveis, como os demonstrados neste trabalho, permite imaginar muitas outras situações práticas necessárias aos formuladores de políticas públicas e a para a sociedade tais como: identificação de condições de navegabilidade (presença de bancos de areia), avaliação impacto de expansão de culturas (por exemplo arroz irrigado no Tocantins) em relação a oferta hídrica e na simulação de valor econômico para o uso de água aprimorando formas de cobrança direta e por rateio, dentre outros temas com o uso intenso destas tecnologias e de ciência de dados.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, R. **Um modelo biosfera-hidrosfera para a bacia do Tocantins-Araguaia**. 2007 Dissertação. Mestrado em 2007 - Universidade de São Paulo - São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/meteorologia/portugues/dissertacoestestes/um-modelo-biosfera-hidrosfera-para-bacia-do-tocantins-arag>. Acesso em: 14 fev. 2020.

AHMAD, W.; KIM, D. Estimation of flow in various sizes of streams using the Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) data in Han River Basin, Korea. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Seoul, v. 83, n. Jan, p. 101930, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101930>. Acesso em: 25 jul. 2020.

ALSDORF, D. E.; RODRÍGUEZ, E.; LETTENMAIER, D. P. Measuring surface water from space. **Reviews of Geophysics**, Switzerland, v. 45, n. 2, p. 1–24, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2006rg000197>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ANH, D. T. L.; AIRES, F. River discharge estimation based on satellite water extent and topography: an application over the Amazon. **Journal of Hydrometeorology**, Boston, v. 20, n. 9, p. 1851–1866, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/jhm-d-18-0206.1>. Acesso em: 21 maio 2020.

ASHRAF, M.; NAWAZ, R. A comparison of change detection analyses using different band algebras for Baraila wetland with Nasa's multi-temporal Landsat dataset. **Journal of Geographic Information System**, Wuhan, v. 7, n. 7, p. 1–19, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.71001>. Acesso em: 22 maio 2020.

AYOADE, J. A. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4.ed. Rio de Janeiro/RJ: Editora Bertrand Brasil Ltda., 1996. *E-book*. Acesso em: 13 maio 2019.

BAHADUR, R.; SAMUELS, W. B. Application of remote sensing and satellite imagery for hydrologic modeling. **Environmental & Water Resources Institute**, Reston, p. 5, 2013. Disponível em: [http://message.asce.org/lp=205?utm\\_campaign=ewri-20130429-ewri+currents+spring+2013&utm\\_medium=email](http://message.asce.org/lp=205?utm_campaign=ewri-20130429-ewri+currents+spring+2013&utm_medium=email). Acesso em: 23 abr. 2019.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos**. São Jose dos Campos/SP: LabISA - INPE, 2019. *E-book*. Acesso em: 18 jun. 2021.

BARBOSA, H. A. *et al.* A step beyond visualization: how to ingest Meteosat second generation satellite data and products into McIDAS-V, ILWIS e TerraMA 2. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 4, n. 1, p. 1–15, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2237-2202.20140001>. Acesso em: 11 abr. 2020.

BEZERRA, N. R. **Metodologia para definição de vazões mínimas garantidas em cursos d'água**. Dissertação. Mestrado em Dez. 2001 - Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2001. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/dissertacoes/metodologias-para-definicao-de-vazoes-minimas-garantidas-em-cursos-dagua>. Acesso em: 11 out. 2021.

BJERKLIE, D. M. *et al.* Estimating discharge in rivers using remotely sensed hydraulic information. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 309, p. 191–209, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.11.022>. Acesso em: 18 jan. 2019.

BJERKLIE, D. M. *et al.* Evaluating the potential for measuring river discharge from space. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 278, p. 17–38, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00129-x](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00129-x). Acesso em: 17 jul. 2019.

BJERKLIE, D. M. *et al.* Satellite remote sensing estimation of river discharge: application to the Yukon River Alaska. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 561, n. Mar. 2017, p. 1000–1018, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.005>. Acesso em: 03 abr. 2020.

BOGNING, S. *et al.* Monitoring water levels and discharges using radar altimetry in an ungauged river basin: The case of the Ogooué. **Remote Sensing**, Basel, v. 10, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10020350>. Acesso em: 16 abr. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília/DF: Agência Nacional de Águas, 2015a. Disponível em: [http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura\\_informe\\_2015.pdf/view](http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf/view). Acesso em: 14 fev. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Inventário das estações fluviométricas**. 2.ed. Brasília/DF: Agência Nacional de Águas, 2009. Acesso em: 14 mar. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Plano nacional de segurança hídrica**. Brasília/DF: Agência Nacional de Águas, 2019. *E-book*. Acesso em: 05 maio 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Sistemas de informação na gestão de águas: conhecer para decidir. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**. Brasília/DF: Agência Nacional de Águas, 2016. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/120>. Acesso em: 12 ago. 2018.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Embrapa mapeia degradação das pastagens do cerrado**. Brasília/DF: Embrapa Cerrado, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado>. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Cubesats**. Brasília/DF: Ministério da Ciência, Tecnologia Inovações e Comunicações, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264290716-2-pt>. Acesso em: 28 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MMA). **Mapeamento do uso e cobertura do cerrado: projeto TerraClass cerrado**. Brasília/DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/IBAMA, 2015b. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/metodologia\\_tccerrado\\_2013.pdf](http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/metodologia_tccerrado_2013.pdf). Acesso em: 18 set. 2017.

BRYCETECH. **State of the satellite industry report**. Alexandria/VA: Brycotech, 2021. Disponível em: [https://brycotech.com/reports/report-documents/SIA\\_SSIR\\_2021.pdf](https://brycotech.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2021.pdf). Acesso em: 02 jan. 2022.

BYERS, E. A. Tools for tackling the water-energy-food nexus. **Change Adaptation Socioecol. Syst**, [s. l.], v. 2, p. 109–111, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/cass-2015-0019>. Acesso em: 03 jun. 2018.

CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE. **Cubesat design specification**: revision 14. The CubeSat program. San Luis Obispo/CA: Cal Poly SLO, p. 34, 2020. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/5f24997b6deea10cc52bb016/1596234122437/CDS+REV14+2020-07-31+DRAFT.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CHACÓN, J. *et al.* Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, Switzerland, v. 65, n. 4, p. 341–411, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10064-006-0064-z>. Acesso em: 03 jun. 2018.

CHO, D. F. *et al.* Performance of the random forest image classifier for mapping land use and land cover in the brazilian cerrado. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 44, p. 1–11, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2021\\_44\\_37979](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37979). Acesso em: 19 jun. 2019.

COOLEY, S. W. *et al.* Tracking dynamic northern surface water changes with high-frequency planet CubeSat imagery. **Remote Sensing**, Basel, v. 9, n. 12, p. 1–21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs9121306>. Acesso em: 26 abr. 2021.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 111–124, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v13n1.p111-124>. Acesso em: 08 out. 2021.

DEMERS, M. N. **GIS**. In: Britannica Academic. London/United Kingdom: Encyclopædia Britannica Inc., 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9780203166352.ax>. Acesso em: 12 set. 2018.

DIXON, H. *et al.* Intergovernmental cooperation for hydrometry—what, why and how? **Hydrological Sciences Journal**, London, p. 1–15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1764569>. Acesso em: 12 dez. 2021.

DUGDALE, S. J.; KLAUS, J.; HANNAH, D. M. Looking to the skies: Realising the combined potential of drones and thermal infrared imagery to advance hydrological process understanding in headwaters water resources research. **Water Resources Research**, Washington, v. 58, p. 1–8, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2021wr031168>. Acesso em: 02 fev. 2022.

DURAND, M. *et al.* An intercomparison of remote sensing river discharge estimation algorithms from measurements of river height, width, and slope. **Water Resources Research**, Washington, v. 52, n. 6, p. 4527–4549, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2015wr018434>. Acesso em: 09 set. 2020.

FEYISA, G. L. *et al.* Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 140, p. 23–35, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>. Acesso em: 09 fev. 2019.

FRAZIER, A. E.; HEMINGWAY, B. L. A technical review of planet smallsat data: practical considerations for processing and using planetscope imagery. **Remote Sensing**, Basel, v. 13, n. 19, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs13193930>. Acesso em: 09 jan. 2022.

- GARCIA, A. S.; MENDES-DA-SILVA, W.; ORSATO, R. J. Sensitive industries produce better ESG performance : evidence from emerging markets. **Journal of Cleaner Production**, New York, v. 150, p. 135–147, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.180>. Acesso em: 21 set. 2021.
- GLEASON, C. J. ; SMITH, L. C.; LEE, J. Retrieval of river discharge solely from satellite imagery and at-many-stations hydraulic geometry: Sensitivity to river form and optimization parameters. **Water Resources Research**, Washington, p. 9604–9619, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2013wr014979.reply>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- GLEASON, C. J.; SMITH, L. C. Toward global mapping of river discharge using satellite images and at-many-stations hydraulic geometry. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1317606111>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- GLEASON, C. J.; WANG, J. Theoretical basis for at-many-stations hydraulic geometry. **Geophysical Research Letters**, Washington, v. 42, n. 17, p. 7107–7114, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2015GL064935>. Acesso em: 13 ago 2019.
- GOODCHILD, M. F. Twenty years of progress: GIScience in 2010. **Journal of Spatial Information Science**, Orono, v. 1, n. 1, p. 3–20, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5311/JOSIS.2010.1.2>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- HAGEMANN, M. W.; GLEASON, C. J.; DURAND, M. T. BAM: Bayesian AMHG-manning inference of discharge using remotely sensed stream width, slope, and height. **Water Resources Research**, Washington, v. 53, n. 11, p. 9692–9707, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2017wr021626>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- HANNAH, D. M. *et al.* Large-scale river flow archives: Importance, current status and future needs. **Hydrological Processes**, London, v. 25, n. 7, p. 1191–1200, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.7794>. Acesso em: 29 maio 2020.
- HEIKKILA, T.; GERLAK, A. K. Building a conceptual approach to collective learning: Lessons for public policy scholars. **Policy Studies Journal**, Hoboken, v. 41, n. 3, p. 484–512, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/psj.12026>. Acessado em 10/10/2017. Acesso em: 05 ago. 2021.
- HONG, D. *et al.* Interpretable hyperspectral artificial intelligence. **IEEE Geoscience And Remote Sensing Magazine**, New York, v. 21, n. Jun, p. 52–87, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9395693>. Acessado em 22/12/2021. Acesso em: 05 jan. 2022.
- HOU, X. *et al.* Fifteen-year monitoring of the turbidity dynamics in large lakes and reservoirs in the middle and lower basin of the Yangtze River, China. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 190, p. 107–121, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.006>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- HOUBORG, R.; FISHER, J. B.; SKIDMORE, A. K. Advances in remote sensing of vegetation function and traits. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Amsterdam, v. 43, p. 1–6, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.06.001>. Acesso em: 01 jul. 2018.

- HOU Borg, R.; MCCABE, M. F. A cubesat enabled spatio-temporal enhancement method (CESTEM) utilizing Planet, Landsat and MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 209, n. Jul. 2017, p. 211–226, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.067>. Acesso em: 02 maio 2018.
- HOU Borg, R.; MCCABE, M. F. Daily retrieval of NDVI and LAI at 3 m resolution via the fusion of cubesat, Landsat, and MODIS data. **Remote Sensing**, Basel, v. 10, n. 6, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10060890>. Acesso em: 02 mar. 2019.
- HUANG, C. *et al.* Detecting, extracting, and monitoring surface water from space using optical sensors: A review. **Reviews of Geophysics**, Switzerland, v. 56, n. 2, p. 333–360, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2018rg000598>. Acesso em: 07 jan. 2019.
- INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS. **Portaria-Naturtins número 300 de 11/08/2017**: Suspensão de captação de água. Palmas/TO: Instituto Natureza do Tocantins, 2017. Disponível em: <http://naturatins.to.gov.br/acordos-ambientais/>. Acesso em: 02 set. 2017.
- JIANG, Z. *et al.* Water body delineation using index composition and HIS transformation. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 33, n. 11, p. 3402–3421, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.614967>. Acesso em: 05 jan. 2019.
- JOSHI, N. *et al.* A review of the application of optical and radar remote sensing data fusion to land use mapping and monitoring. **Remote Sensing**, Basel, v. 8, n. 1, p. 1–23, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs8010070>. Acesso em: 03 jan. 2019.
- JUNQUEIRA, A. M. *et al.* Estimation of river flow using cubesats remote sensing. **Science of the Total Environment**, New York, v. 788, p. 147762, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147762>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- JUNQUEIRA, A. M. *et al.* Landslide susceptibility mapping for transmission lines: dynamic monitoring, analysis and alerts for extreme natural events. **Environmental Earth Sciences**, Berlin, v. 79, n. 46, p. 18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8750-x>. Acesso em: 12 maio 2020.
- KÄÄB, A.; ALTENA, B.; MASCARO, J. River-ice and water velocities using the Planet optical cubesat constellation. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 23, n. 10, p. 4233–4247, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-23-4233-2019>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- KALACSKA, M. *et al.* Multi-temporal surface water classification for four major rivers from the peruvian amazon. **Data**, Basel, v. 7, n. 6, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/data7010006>. Acesso em: 27 fev. 2022.
- KAPLAN, G.; AVDAN, U. Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. **European Journal of Remote Sensing**, Oxfordshire, v. 50, n. 1, p. 137–143, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1297540>. Acesso em: 21 abr. 2019.
- KINGSTON, D. G. *et al.* Moving beyond the catchment scale: value and opportunities in large-scale hydrology to understand our changing world. **Hydrological Processes**, London, v. 34, n. 10, p. 2292–2298, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.13729>. Acesso em:

02 mar. 2021.

KULU, E. Small launchers-2021: industry survey and market analysis. **72th International Astronautical Congress**. Dubai, 2021. p. 1–24. Disponível em: [https://www.newspace.im/assets/small-launchers-2021\\_erik-kulu\\_iac2021.pdf](https://www.newspace.im/assets/small-launchers-2021_erik-kulu_iac2021.pdf). Acesso em: 31 jan. 2022.

LAKSHMI, V. Use of satellite remote sensing in hydrological predictions in un-gaged basins. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Istanbul, v. 35, p. 313-318, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/229014292\\_use\\_of\\_satellite\\_remote\\_sensing\\_in\\_hydrological\\_predictions\\_in\\_ungaged\\_basins](https://www.researchgate.net/publication/229014292_use_of_satellite_remote_sensing_in_hydrological_predictions_in_ungaged_basins). Acesso em: 24 abr. 2018.

LAN, Y. *et al.* A web-based spatial decision support system for monitoring the risk of water contamination in private wells. **Annals of GIS**, Nanjing, v. 26, n. 3, p. 293–309, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1798508>. Acesso em: 29 jul. 2021.

LATRUBESSE, E. M. *et al.* The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia river. **Geomorphology**, New York, v. 113, n. 3–4, p. 239–252, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.03.014>. Acesso em: 30 set. 2018.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. **Revista UNG, Geociências**, Guarulhos, v. 5, n. 1, p. 65–73, 2006. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/97/189>. Acesso em: 31 jan. 2019.

LAURIS, P. Comitê pede ao Naturatins a suspensão das outorgas de captação de água na bacia do Rio Formoso. **Jornal do Tocantins**, Palmas, 2019. p. 1. Disponível em: <https://www.jornaldotocantins.com.br/editorias/vida-urbana/comitê-pede-ao-naturatins-a-suspensão-das-outorgas-de-captação-de-água-na-bacia-do-rio-formoso-1.1875921>. Acesso em: 14 fev. 2020.

LAVERDE-BARAJAS, M. *et al.* Assessing the performance of near real-time rainfall products to represent spatiotemporal characteristics of extreme events: case study of a subtropical catchment in south-eastern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 39, n. 21, p. 7568–7586, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1475773>. Acesso em: 30 set. 2020.

LEOPOLD, L. B.; MADDOCK, T. J. **The hydraulic geometry of stream channels: In: the hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications**. Washington/D.C.: U. S. Government Printing Office, 1953. Disponível em: 10.3133/pp252. Acesso em: 18 maio 2018.

LETTENMAIER, D. P. *et al.* Inroads of remote sensing into hydrologic science during the water resources research era. **Journal of the American Water Resources Association**, Washington, v. 5, n. 3, p. 2–2, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2015wr017616.received>. Acesso em: 30 set. 2020.

MACIEL, D. A. *et al.* Evaluating the potential of CubeSats for remote sensing reflectance retrieval over inland waters. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 41, n. 7, p. 2807–2817, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/2150704X.2019.1697003>.

Acesso em: 17 nov. 2021.

MANNSCHATZ, T.; WOLF, T.; HÜLSMANN, S. Nexus tools platform: Web-based comparison of modelling tools for analysis of water-soil-waste nexus. **Environmental Modelling and Software**, New York, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.10.031>. Acesso em: 22 mar. 2019.

MAO, F. *et al.* Low-cost environmental sensor networks: recent advances and future directions. **Frontiers in Earth Science**, Lausanne, v. 7, n. September, p. 1–7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00221>. Acesso em: 12 fev. 2021.

MARTIN, P. H. *et al.* Interfacing GIS with water resource models: A state-of-the-art review. **Journal of the American Water Resources Association**, Washington, v. 41, n. 6, p. 1471–1487, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03813.x>. Acessado em 18/04/2018. Acesso em: 27 jul. 2018.

MASCARENHAS, L. M. D. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5–18, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1982-45132009000100001>. Acesso em: 21 jul. 2021.

MCCABE, M. F. *et al.* The future of Earth observation in hydrology. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 2, n. 4, p. 60, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s1290-0958\(01\)80013-7](https://doi.org/10.1016/s1290-0958(01)80013-7). Acesso em: 08 nov. 2019.

MIRALLES-WILHELM, F. Development and application of integrative modeling tools in support of food-energy-water nexus planning—a research agenda. **Journal of Environmental Studies and Sciences**, Switzerland, p. 8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13412-016-0361-1>. Acesso em: 08 ago. 2018.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos/SP: INPE, 2002. p. 23. *E-book*. Acesso em: 18 abr. 2018.

MORAMARCO, T. *et al.* River bathymetry estimate and discharge assessment from remote sensing. **Water Resources Research**, Washington, v. 55, n. 8, p. 6692–6711, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2018wr024220>. Acesso em: 21 fev. 2020.

MOSTAFAVI, M. River monitoring over Amazon and Danube Basin using multi-mission satellite radar altimetry. **Journal of Hydrogeology & Hydrologic Engineering Research**, London, v. 7:2, n. September, p. 16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4172/2325-9647.1000167>. Acesso em: 23 fev. 2020.

MUSA, Z. N.; POPESCU, I.; MYNETT, A. A review of applications of satellite SAR, optical, altimetry and DEM data for surface water modelling, mapping and parameter estimation. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 19, n. 9, p. 3755–3769, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-19-3755-2015>. Acessado em 17/02/2019. Acesso em: 11 jun. 2021.

NAGEL, G. W. ; NOVO, E. M. L. de M.; KAMPEL, M. Nanosatellites applied to optical Earth observation: a review. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 15, n. 3, p. 445–458, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/1980-993x>. Acesso em: 15 abr. 2021.

NATH, R. K.; DEB, S. K. Water-body area extraction from high resolution satellite images: an introduction, review, and comparison. **International Journal of Image Processing**, Singapore, v. 3, n. 3, p. 353–372, 2010. Disponível em: <http://www.cscjournals.org/csc/manuscriptinfo.php?manuscriptcode=67.68.67.74.39.43.42.48.104>. Acesso em: 16 jan. 2018.

NORRIS, J. M. U . S . **Geological Survey streamgage operation and maintenance cost evaluation**. Washington/DC:USGS, 2010. Disponível em: <https://doi.org/Fact Sheet 2010-3025>. Acesso em: 17 dez. 2020.

OLIVEIRA, F. B.; GOMES DA SILVA, J.; CAMPOS FILHO, R. P. Águas do cerrado: da pujança à agonia, 2021, Anápolis/GO. **Seminário Regional de Extensão Universitária da Região Centro-Oeste**. Anápolis, 2021. p. 558–570. Disponível em: <https://anais.ueg.br/index.php/serex/article/download/14894/11838>. Acesso em: 13 jan. 2022.

PAPA, F. *et al.* Satellite altimeter-derived monthly discharge of the Ganga-Brahmaputra River and its seasonal to interannual variations from 1993 to 2008. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, Washington, v. 115, n. 12, p. 1–19, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2009JC006075>. Acesso em: 09 maio 2018.

PATTERSON, D. *et al.* **Geospatial ESG: the emerging application of geospatial data for gaining environmental insights on the asset, corporate and sovereign level**. London/UK: WWF, 2022. Disponível em: [https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-01/geospatial\\_esg\\_report.pdf](https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-01/geospatial_esg_report.pdf). Acesso em: 24 fev. 2022.

PAUL, R. F. *et al.* Spatiotemporal derivation of intermittent ponding in a maize-soybean landscape from planet labs cubesat images. **Remote Sensing**, Basel, v. 12, n. 12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12121942>. Acesso em: 02 abr. 2021.

PEREIRA, G. S.; CALDEIRA, F. V. Avaliação da distribuição de Gumbel na determinação de vazões mínimas da sub-bacia do Rio Negro. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 11–16, 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28926/18840>. Acesso em: 06 ago. 2021.

PIMENTEL, A. dos S.; REIS, V. L.; LOPES, E. **Monitoramento e alerta de desastres naturais no estado do Acre: aplicação da plataforma TerraMA<sup>2</sup>**. São José dos Campos/SP: INPE, 2014. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/terrama2/lib/exe/fetch.php?media=docs:papers:xii\\_srh\\_natal\\_2014\\_a\\_lan.pdf](http://www.dpi.inpe.br/terrama2/lib/exe/fetch.php?media=docs:papers:xii_srh_natal_2014_a_lan.pdf). Acesso em: 18 jul. 2021.

PLANET. **Planet analyst day 2021**. San Francisco/CA: Planet Labs, 2021a. Disponível em: [https://assets.planet.com/docs/pl\\_analyst\\_day\\_presentation\\_9.21.2021.pdf](https://assets.planet.com/docs/pl_analyst_day_presentation_9.21.2021.pdf). Acesso em: 18 dez. 2021.

PLANET. **Planet imagery product specifications (2020) Planet application program interface: in space for life on Earth**. San Francisco/CA: Planet Labs, 2020. Disponível em: <https://developers.planet.com/docs/data/>. Acesso em: 02 fev. 2021.

PLANET. **Planet imagery product specifications (2021) Planet application program interface: in space for life on Earth**. San Francisco/CA: Planet Labs, 2021b. Disponível em: [https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/planet\\_imagery\\_product\\_specs.pdf](https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/planet_imagery_product_specs.pdf).

Acesso em: 28 jan. 2022.

PÔSSA, É. M. *et al.* On water surface delineation in rivers using Landsat-8, Sentinel-1 and Sentinel-2 data. 2018. **Journal of Applied Remote Sensing**, Orlando, v. 15, n. Mar, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.15.014521>. Acesso em: 09 jan. 2022.

REBA, M.; SETO, K. C. A systematic review and assessment of algorithms to detect, characterize, and monitor urban land change. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 242, n. Mar, p. 111739, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111739>. Acesso em: 01 dez. 2021.

REICHLER, R. H. Data assimilation methods in the Earth sciences. **Advances in Water Resources**, New York, v. 31, n. 11, p. 1411–1418, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2008.01.001>. Acesso em: 27 nov. 2019.

RIEGEL, R. P. *et al.* Future Scenarios : Analysis of susceptible areas to floods and mass movements cenários futuros: análise de áreas susceptíveis a inundações e movimentos de massas. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, Ponta Delgada, v. 57, p. 23–32, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/348631087\\_future\\_scenarios\\_analysis\\_of\\_susceptible\\_areas\\_to\\_floods\\_and\\_mass\\_movements\\_cenarios](https://www.researchgate.net/publication/348631087_future_scenarios_analysis_of_susceptible_areas_to_floods_and_mass_movements_cenarios). Acesso em: 31 mar. 2021.

SANTOS, A. R. dos *et al.* **ArcGIS 10.2.2 passo a passo: elaborando meu primeiro mapeamento**. Alegre/ES: CAUFES, v. 1, 2014. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/livro/arcgis102vol1>. Acesso em: 17 jan. 2018.

SANTOS *et al.* **Medição de vazão**. In: Alguns Fundamentos de Hidrologia. Londrina/PR: UNOPAR, 2004. p. 46–56. *E-book*. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-norte-do-parana/hidraulica/medicaodavazao/11255143>. Acesso em: 29 nov. 2017.

SARP, G.; OZCELIK, M. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. **Journal of Taibah University for Science**, Medina, v. 11, n. 3, p. 381–391, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2016.04.005>. Acesso em: 17 abr. 2018.

SICHANGI, A. W. *et al.* Estimating continental river basin discharges using multiple remote sensing data sets. **Remote Sensing of Environment**, New York, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.03.019>. Acesso em: 17 abr. 2018.

SILVA, I. R. da *et al.* Influência da precipitação e do uso e ocupação do solo na qualidade da água da bacia do ribeirão Espírito Santo – Juiz de Fora/MG. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 22, n. 1, p. 35, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2020v22n1p35-51>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SMITH, A. M. J. De; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospatial Analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. Leicester, UK: Troubador Publishing Ltd, 2007. *E-book*. Acesso em: 21 mar. 2019.

SMITH, L. C.; PAVELSKY, T. M. Estimation of river discharge, propagation speed, and hydraulic geometry from space: Lena River, Siberia. **Water Resources Research**, Washington, v. 44, n. W03427, p. 1–11, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.1029/2007wr006133>. Acesso em: 20 maio 2019.

TAMIMINIA, H. *et al.* Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, New York, v. 164, n. March, p. 152–170, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>. Acesso em: 02 jan. 2021.

TEJERINA-GARRO, F. L.; FORTIN, R.; RODRÍGUEZ, M. A. Caracterização da ictiofauna e das interações peixe-ambiente no médio Araguaia, bacia Amazônica. **Estudos**, Goiania, v. 29, n. 85–99, p. 87–101, 2002. Acesso em: 14 ago. 2020.

TENNANT, D. L. Instream flow regimes for fish, wildfire, recreation and related environmental resources. **Fisheries**, London, v. 1, n. 4, p. 1, 1976. Disponível em: <https://doi.org/doi.org/10.1577/1548-8446>. Acesso em: 23 fev. 2022.

TOURIAN, M. J.; SCHWATKE, C.; SNEEUW, N. River discharge estimation at daily resolution from satellite altimetry over an entire river basin. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 546, p. 230–247, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.009>. Acesso em: 19 nov. 2019.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas: saneamento para todos**. Porto Alegre/RS: Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. v. 4. *E-book*. Acesso em: 09 abr. 2018.

TULBURE, M. G.; BROICH, M. Spatiotemporal dynamic of surface water bodies using Landsat time-series data from 1999 to 2011. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, New York, v. 79, p. 44–52, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.01.010>. Acesso em: 21 mar. 2019.

UNESCO. **The impact of global change on water resources**. Paris/France: Unesco, 2011. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000192216>. Acesso em: 23 set. 2018.

VERDE, N. *et al.* Assessment of radiometric resolution impact on remote sensing data classification accuracy. **Remote Sensing**, Basel, v. 10, n. 8, p. 1–17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10081267>. Acesso em: 20 nov. 2019.

VILLELA, T. *et al.* Review article towards the thousandth cubesat: a statistical overview. **International Journal of Aerospace Engineering**, Reston, v. 2019, p. 1–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/5063145>. Acesso em: 12 ago. 2020.

WANG, C. *et al.* Long-term surface water dynamics analysis based on landsat imagery and the Google Earth Engine Platform: A case study in the middle Yangtze River Basin. **Remote Sensing**, Basel, v. 10, n. 10, p. 1–18, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10101635>. Acesso em: 26 jan. 2019.

WANG, W. *et al.* Design and implementation of spatial database and geo-processing models for a road geo-hazard information management and risk assessment system. **Environmental Earth Sciences**, Berlin, v. 73, n. 3, p. 1103–1117, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3461-9>. Acesso em: 26 ago. 2018.

WILSON, M. *et al.* Modeling large-scale inundation of Amazonian seasonally flooded wetlands. **Geophysical Research Letters**, Washington, v. 34, p. 6, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2007gl030156>. Acesso em: 29 jul. 2018.

WULDER, M. A. *et al.* Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 112, n. 3, p. 955–969, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.004>. Acesso em: 13 abr. 2019.

YANG, H. *et al.* Water body extraction methods study based on RS and GIS. **Procedia Environmental Sciences**, Amsterdam, v. 10, n. PART C, p. 2619–2624, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.407>. Acesso em: 27 mar. 2018.

ZAJI, A. H.; BONAKDARI, H.; GHARABAGHI, B. Remote sensing satellite data preparation for simulating and forecasting river discharge. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 56, n. 6, p. 3432–3441, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8291504>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ZANOTTA, D. Z.; FERREIRA, M. P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2019. *E-book*. Acesso em: 02 maio 2020.

ZHANG, X.; VESSELINOV, V. V. Integrated modeling approach for optimal management of water, energy and food security nexus. **Advances in Water Resources**, New York, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.12.017>. Acesso em: 30 abr. 2020.

## APÊNDICE A

Classe com equações em linguagem *Python* das equações de vazão altimetria e cota para a Estação Virtual *CubeSat* alocada no Rio Araguaia

```
#Classe com equações definidas para a Estação Virtual CubeSat (CVS) alocada na
coordenada 10° 54,4' 2,0" S; 50° 36,4' 8,6" W - Datum WGS 84
```

```
class CVS:
```

```
    def __init__(self, af500r):
```

```
        self.area = af500r
```

```
        self.limit_area_max = 570000
```

```
        self.limit_area_min = 110000
```

```
    def flow(self):
```

```
        if self.area in range(self.limit_area_min, self.limit_area_max):
```

```
            flow = float(208.64 * 2.71828182845904 ** ((4 * 10 ** -6) * self.area))
```

```
        else:
```

```
            flow = 0
```

```
        return flow
```

```
    def quota(self):
```

```
        if self.area in range(self.limit_area_min, self.limit_area_max):
```

```
            quota = float(177.1 * 2.71828182845904 ** ((2 * 10 ** -6) * self.area))
```

```
        else:
```

```
            quota = 0
```

```
        return quota
```

```
    def altimetry(self):
```

```
        if self.area in range(self.limit_area_min, self.limit_area_max):
```

```
            altimetry = float(5 * 10 ** -6 * self.area + 177.02)
```

```
        else:
```

```
            altimetry = 0
```

```
        return altimetry
```

## APÊNDICE B

Programação em linguagem *Python* para geração do *NDVI* e arquivo binário resultante da área inundada sobre as imagens *CubeSat* da Planet

```
#Tarefa 1 (Task 1) - Geração de NDVI nas imagens Planet e arquivo binário (água/não-
água). Definição de “nodata” com valor arbitrário de -999 (áreas externas ao objeto
monitorado).

#task1.py <caminho-do-tiff> <corte-ndvi>
# Exemplo imagem do dia 03/10/3021 e corte NDVI<0,075:
# ./task1.py
~/Downloads/AF500r_2021_10_03_psscene4band_analytic_sr_udm2/files/20211003_1340
09_26_240c_3B_AnalyticMS_SR_clip.tif 0.075

import click, rasterio, numpy as np

@click.command(help=__doc__)
@click.argument("input_filename")
@click.argument("cut_value", type=float)
def main(input_filename, cut_value):
    output_filename = "/".join(input_filename.split("/")[:-1]) + "/task1_result.tif"
    with rasterio.open(input_filename) as src:
        kwargs = src.profile.copy()
        kwargs.update({
            "count": 1,
            "dtype": "float32",
            "transform": src.transform,
            "nodata": -999., # Arbitrary, knowing that -1 <= ND <= 1
        })
    with rasterio.open(output_filename, "w", **kwargs) as dest:
        a = src.read(4).astype(np.float32)
        b = src.read(3).astype(np.float32)
        with np.errstate(divide="ignore", invalid="ignore"):
            result = (a - b) / (a + b)
        result[np.isnan(result)] = kwargs["nodata"]
        result = ((result < cut_value) & (result > kwargs["nodata"])).astype(np.float32)
        dest.write_band(1, result)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

## APÊNDICE C

Programação em linguagem *Python* para geração do vetor em formato *GeoJSON* com a área inundada a partir do resultado gerado pelo programa descrito no apêndice B e cálculo da área (m<sup>2</sup>) a ser utilizado no cálculo da vazão, altimetria e cota.

```
#Tarefa 2 (Task 2) - Geração de vetor em formato GeoJSON com a área inundada e cálculo
da área (m²) a ser utilizado para cálculo de vazão, altimetria e cota definidos na classe
equations_cvs.

#task2.py <caminho-resultado-task1-tiff>
# Exemplo:
# ./task2.py
~/Downloads/AF500r_2021_10_13_psscene4band_analytic_sr_udm2/files/task1_result.tif

from rasterio.features import shapes
from shapely.ops import cascaded_union, transform
from shapely.geometry import shape
from shapely.geometry import mapping
from shapely.geometry import MultiPolygon

import click, rasterio, numpy as np, json, pyproj

@click.command(help=__doc__)
@click.argument("input_filename")
def main(input_filename):
    output_filename = "".join(input_filename.split("/")[:-1]) + "/task2_result.geojson"
    mask = None

    with rasterio.open(input_filename) as src:
        image = src.read(1).astype(np.float32)

        pixels = np.count_nonzero(image == 1)

        results = (
            {'properties': {'raster_val': v}, 'geometry': s}
            for i, (s, v) in enumerate(shapes(image, mask=mask, transform=src.transform)))
        geoms = list(results)

        polygons = []
        for feature in geoms:
            if feature['properties']['raster_val'] == 1.0:
                polygons.append(shape(feature['geometry']))
        u = cascaded_union(polygons)

        original = pyproj.CRS(src.crs)
        sirgas2000 = pyproj.CRS('EPSG:4674')
```

```
projection = pyproj.Transformer.from_crs(original, sirgas2000,
always_xy=True).transform
u = transform(projection, u)

u2 = mapping(u)

feature_collection = {
    "type": "FeatureCollection",
    "features": [
        {
            "type": "Feature",
            "properties": {
                "area_m2": pixels * 9
            },
            "geometry": u2 if pixels > 0 else mapping(MultiPolygon())
        }
    ]
}

u3 = json.dumps(feature_collection)

with open(output_filename, 'w') as outfile:
    outfile.write(u3)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

## APÊNDICE D

Programação em linguagem Python para geração dos resultados de vazão, cota e altimetria em relação a área inundada gerado pelo programa descrito no apêndice C.

```
#Tarefa 3 (Task 3) - Geração dos resultados de vazão, quota e altimetria em relação a área inundada.
#task3.py <area-resultante-task2> <caminho-saida>
# Exemplo:
# ./task3.py 327915
~/Downloads/AF500r_2021_10_13_psscene4band_analytic_sr_udm2/files/

import click, json
from equations_cvs import CVS

@click.command(help=__doc__)
@click.argument("area", type=float)
@click.argument("output_path")
def main(area, output_path):
    cvs = CVS(area)

    output = {
        "flow": cvs.flow(),
        "altimetry": cvs.altimetry(),
        "quota": cvs.quota()
    }

    with open(output_path + '/task3_result.json', 'w') as f:
        json.dump(output, f)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

## APÊNDICE E

Extrato do banco de dados para a tabela <download\_image> com os campos <id\_download\_image>, <status>, <image\_id>, <area> e <flow> para todas as 843 datas processadas. O campo <id\_download\_image> permite entendimento individualizado por instrumento sensor e data de aquisição.

<i>image_id</i> (data_hora_sensor)	<i>status</i>	<i>id_download_image</i>	<i>area</i> (hectare)	<i>flow</i> (ha <sup>3</sup> /s)
20170702_125302_1028	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	368	394.803.000.000	1.208.699.889
20170703_125131_1012	SUCCESS	1411	437.985.000.000	1.202.971.805
20170704_125342_0f34	SUCCESS	364	426.762.000.000	1.150.162.227
20170705_125322_1035	SUCCESS	11	446.976.000.000	1.247.022.862
20170706_125937_0e0d	SUCCESS	1007	437.616.000.000	1.201.197.529
20170708_125237_101a	SUCCESS	567	431.694.000.000	1.173.077.925
20170709_125236_0f43	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	946	413.442.000.000	1.090.485.489
20170710_125250_0f18	SUCCESS	922	434.097.000.000	1.184.407.915
20170712_125728_0e26	SUCCESS	1603	442.728.000.000	1.226.012.459
20170715_125351_101f	SUCCESS	205	451.566.000.000	1.270.129.673
20170717_125928_0e2f	SUCCESS	581	425.844.000.000	1.145.946.576
20170718_125435_103c	SUCCESS	798	444.852.000.000	1.236.473.034
20170719_125816_0e19	SUCCESS	1286	434.529.000.000	1.186.456.341
20170720_125517_102f	SUCCESS	1695	434.556.000.000	1.186.584.485
20170721_125427_1036	SUCCESS	45	428.634.000.000	1.158.806.968
20170723_125413_0f28	SUCCESS	1558	416.160.000.000	1.102.405.929
20170727_125455_0f34	SUCCESS	213	419.526.000.000	1.117.349.094
20170729_125339_1029	SUCCESS	86	403.020.000.000	1.045.959.870
20170730_125543_103e	SUCCESS	727	430.713.000.000	1.168.483.787
20170731_125438_1034	SUCCESS	1564	418.149.000.000	1.111.211.654
20170801_145242_0f21	SUCCESS	557	402.957.000.000	1.045.696.321
20170802_125326_0f1b	SUCCESS	832	406.620.000.000	1.061.130.660
20170804_125312_1015	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	953	394.866.000.000	1.209.254.240
20170806_125518_1033	SUCCESS	170	422.487.000.000	1.130.661.658
20170809_125516_1027	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	849	398.529.000.000	1.241.771.532
20170810_125434_103c	SUCCESS	829	424.323.000.000	1.138.995.803
20170811_125804_0e14	SUCCESS	994	415.476.000.000	1.099.393.869
20170812_125449_100e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1373	391.716.000.000	1.181.739.240
20170813_145108_0f3c	SUCCESS	1261	399.105.000.000	1.029.707.725
20170814_125447_1006	SUCCESS	1002	397.323.000.000	1.022.394.065
20170818_125653_1011	SUCCESS	1129	395.640.000.000	1.015.534.424
20170819_125359_0f34	SUCCESS	303	400.446.000.000	1.035.245.917
20170820_125541_1022	SUCCESS	394	409.275.000.000	1.072.459.919
20170823_144933_0f2a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	897	382.410.000.000	1.102.844.492
20170829_144830_1054	SUCCESS	724	406.701.000.000	1.061.474.522
20170830_125556_1003	SUCCESS	1047	398.439.000.000	1.026.968.234
20170901_144755_104f	SUCCESS	349	408.132.000.000	1.067.567.824
20170902_130012_0e0f	SUCCESS	932	403.938.000.000	1.049.807.695
20170903_125640_1008	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	4	392.130.000.000	1.185.331.949
20170904_125646_1025	SUCCESS	683	403.173.000.000	1.046.600.193
20170905_125716_1012	SUCCESS	1041	399.456.000.000	1.031.154.450
20170907_125609_1033	SUCCESS	815	401.328.000.000	1.038.904.715
20170908_125421_1021	RULE	56	1.494.000.000	0.000000
20170910_130212_0e16	SUCCESS	1402	409.680.000.000	1.074.198.712
20170912_125748_1008	SUCCESS	1756	402.237.000.000	1.042.689.049
20170915_125607_1013	SUCCESS	497	390.870.000.000	996.341.708
20170917_144651_1050	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	262	413.190.000.000	1.377.620.785
20170918_125618_1007	SUCCESS	596	391.941.000.000	1.000.619.191

20170919_125721_1038	SUCCESS	874	404.136.000.000	1.050.639.472
20170920_125748_0f43	SUCCESS	1738	389.385.000.000	990.440.980
20170923_144536_104b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1645	405.036.000.000	1.300.931.506
20170924_125756_1004	SUCCESS	90	378.765.000.000	949.248.177
20170925_144503_0f3c	SUCCESS	1340	401.004.000.000	1.264.062.166
20170926_125724_1021	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1590	512.856.000.000	2.563.385.351
20170927_144404_0f21	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	333	352.611.000.000	873.502.400
20170929_125757_101b	SUCCESS	1312	389.466.000.000	990.761.935
20170930_125716_0f22	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	839	515.160.000.000	2.596.618.291
20171002_125622_101d	SUCCESS	1761	375.426.000.000	936.654.308
20171005_144412_1020	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	466	275.238.000.000	428.637.349
20171007_125703_1027	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	877	405.873.000.000	1.308.671.991
20171008_125827_0f43	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	420	442.440.000.000	1.676.840.452
20171009_125708_0f22	RULE	212	640.206.000.000	0.000014
20171014_130147_0e20	SUCCESS	253	399.492.000.000	1.031.302.947
20171018_125711_1008	SUCCESS	1799	398.385.000.000	1.026.746.433
20171019_125940_1018	SUCCESS	1789	402.651.000.000	1.044.417.172
20171022_125826_0f42	RULE	1771	732.933.000.000	0.000019
20171023_125745_0f35	SUCCESS	1141	387.963.000.000	984.823.344
20171024_125825_103e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	803	417.789.000.000	1.422.145.837
20171027_144047_0f2b	SUCCESS	1587	366.741.000.000	977.912.042
20171029_125944_101e	RULE	71	78.750.000.000	0.000000
20171030_144000_0f29	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1655	459.279.000.000	1.866.850.290
20171101_125718_101f	RULE	27	854.541.000.000	0.000026
20171102_143950_0f29	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	194	146.619.000.000	70.158.603
20171108_143903_0f29	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	438	166.941.000.000	101.877.745
20171109_130004_1014	RULE	561	927.522.000.000	0.000032
20171115_125749_1007	SUCCESS	1467	376.407.000.000	940.336.960
20171117_143434_0f2d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	494	156.573.000.000	84.734.033
20171118_125911_1035	RULE	910	102.132.000.000	0.000000
20171125_130027_1034	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1393	167.598.000.000	103.034.185
20171126_130236_0e16	SUCCESS	1526	430.857.000.000	1.169.157.027
20171127_130045_1032	SUCCESS	1647	448.956.000.000	1.256.938.497
20171128_125842_1018	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1607	273.888.000.000	422.623.404
20171129_130000_1012	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	533	344.502.000.000	817.011.040
20171205_130014_103d	RULE	323	10.233.000.000	0.000000
20171207_125919_1025	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	720	506.088.000.000	2.467.370.514
20171208_143343_0f4b	SUCCESS	1806	453.798.000.000	1.281.520.162
20171217_130054_1034	RULE	1759	0.000000	0.000000
20171218_143316_0f40	SUCCESS	94	515.538.000.000	1.640.509.722
20171220_130043_1002	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	966	478.161.000.000	2.096.004.632
20171221_130036_1030	SUCCESS	1234	537.282.000.000	1.789.583.658
20171223_143150_101c	RULE	1828	0.000000	0.000000
20171225_143054_104a	SUCCESS	1075	540.549.000.000	1.813.123.411
20171226_130117_1040	SUCCESS	1023	538.020.000.000	1.794.874.315
20171228_130334_0e0f	RULE	1678	41.238.000.000	0.000000
20171230_130105_1042	RULE	286	4.563.000.000	0.000000
20171231_130055_103c	SUCCESS	112	555.183.000.000	1.922.424.211
20180101_130332_0e2f	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1019	380.511.000.000	1.087.179.536
20180102_142949_0f53	SUCCESS	976	548.739.000.000	1.873.504.984
20180104_142849_0f1a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	531	531.711.000.000	2.843.636.639
20180116_142737_0f36	SUCCESS	998	543.348.000.000	1.833.537.204
20180122_130148_103b	SUCCESS	1356	553.410.000.000	1.908.838.610
20180123_142631_1020	SUCCESS	988	556.245.000.000	1.930.608.040
20180125_130158_1030	SUCCESS	404	550.881.000.000	1.889.626.140
20180126_142535_1049	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1481	536.229.000.000	1.782.061.784
20180130_142501_100d	RULE	331	43.137.000.000	0.000000
20180211_130301_103e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1059	551.187.000.000	1.891.940.458
20180212_130313_102e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	702	554.715.000.000	1.918.828.800
20180213_130506_0e16	SUCCESS	599	563.877.000.000	1.990.454.490
20180216_142247_0f2d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1203	163.107.000.000	95.297.720
20180218_130529_0e2f	SUCCESS	260	560.250.000.000	3.304.646.169

20180219_130259_1001	RULE	1426	676.944.000.000	0.000016
20180220_142221_0f32	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	543	377.604.000.000	1.063.481.741
20180224_142149_1049	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	183	183.474.000.000	133.639.279
20180228_142046_100d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	638	322.929.000.000	678.454.806
20180306_130537_0e3a	SUCCESS	1083	559.494.000.000	1.955.861.966
20180307_142021_0f47	RULE	1819	735.102.000.000	0.000020
20180309_142000_0f24	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	387	434.349.000.000	1.590.220.816
20180312_130337_1032	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1242	547.551.000.000	3.093.931.580
20180316_141842_104e	RULE	235	755.640.000.000	0.000021
20180318_130410_101d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1608	543.186.000.000	1.832.349.457
20180320_141808_0f4b	SUCCESS	1666	557.856.000.000	1.943.089.048
20180321_130405_0f18	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	151	409.770.000.000	1.345.106.456
20180322_130443_103e	SUCCESS	1858	556.083.000.000	1.929.357.411
20180323_141744_100d	RULE	1034	780.390.000.000	0.000023
20180327_130421_1011	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	774	446.625.000.000	1.722.825.467
20180328_130439_103c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1573	491.454.000.000	2.267.850.049
20180402_141611_0f4d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	473	347.706.000.000	839.037.663
20180403_141550_0f2d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1240	532.917.000.000	1.758.608.726
20180404_141616_0f36	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	985	278.964.000.000	445.524.665
20180405_141550_104e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	304	552.870.000.000	3.181.088.754
20180407_130617_0e0f	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	650	548.613.000.000	3.111.207.490
20180409_130458_1042	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1568	362.322.000.000	944.431.478
20180410_130458_101b	RULE	1753	609.723.000.000	0.000010
20180412_130501_100e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	515	490.320.000.000	2.252.844.679
20180416_130500_1021	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1328	488.349.000.000	2.226.918.232
20180420_130555_0f1b	RULE	641	1.314.000.000	0.000000
20180422_130550_1038	SUCCESS	1290	562.689.000.000	1.981.018.289
20180424_130552_0f22	SUCCESS	348	555.048.000.000	1.921.386.383
20180425_130538_102c	SUCCESS	1782	554.112.000.000	1.914.206.162
20180426_130619_1012	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	226	152.217.000.000	78.134.777
20180427_141258_0f3b	SUCCESS	398	553.284.000.000	1.907.876.798
20180429_141155_100d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	154	361.098.000.000	935.291.960
20180503_130558_1009	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	613	435.636.000.000	1.603.799.058
20180504_130546_1024	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	120	536.625.000.000	2.919.814.558
20180507_141125_0f2d	SUCCESS	941	546.615.000.000	1.857.655.112
20180509_141048_1_104e	SUCCESS	1566	554.364.000.000	1.916.136.654
20180510_130551_103a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1029	447.669.000.000	1.734.423.674
20180512_130604_1001	SUCCESS	1594	526.149.000.000	1.711.638.330
20180516_140950_101c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1736	191.295.000.000	150.671.700
20180517_140940_0f40	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1442	412.200.000.000	1.368.156.643
20180518_130641_1040	SUCCESS	1601	485.154.000.000	1.452.768.432
20180522_140849_0f4a	RULE	1796	87.336.000.000	0.000000
20180523_140915_104d	SUCCESS	131	455.085.000.000	1.288.134.438
20180524_140835_0f29	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1412	326.655.000.000	701.194.419
20180526_130716_1012	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	508	414.252.000.000	1.387.820.572
20180529_140829_104b	SUCCESS	1068	436.941.000.000	1.197.958.670
20180530_140753_100d	SUCCESS	936	434.709.000.000	1.187.310.897
20180531_130716_1004	SUCCESS	150	428.544.000.000	1.158.389.872
20180601_130723_1033	SUCCESS	405	441.459.000.000	1.219.804.988
20180602_130623_1009	SUCCESS	775	444.924.000.000	1.236.829.190
20180603_130606_1024	SUCCESS	817	444.150.000.000	1.233.005.888
20180606_130733_0f3f	SUCCESS	816	420.228.000.000	1.120.491.020
20180607_130619_1002	RULE	468	14.274.000.000	0.000000
20180608_140709_0f32	SUCCESS	831	414.000.000.000	1.092.922.171
20180609_130656_103c	SUCCESS	178	431.631.000.000	1.172.782.347
20180610_130741_1035	SUCCESS	1742	416.709.000.000	1.104.829.473
20180611_130721_100e	SUCCESS	277	416.214.000.000	1.102.644.075
20180612_140558_1048	SUCCESS	195	395.847.000.000	1.016.375.634
20180613_130757_0f25	RULE	947	63.000.000	0.000000
20180614_140619_0f33	SUCCESS	344	388.323.000.000	986.242.511
20180615_130638_1021	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	865	363.069.000.000	950.037.778
20180619_130701_1010	RULE	731	94.977.000.000	0.000000

20180620_140458_0f4d	SUCCESS	1058	387.450.000.000	982.804.558
20180622_130831_0f17	SUCCESS	1447	381.294.000.000	958.899.506
20180626_140426_1048	SUCCESS	233	370.278.000.000	917.563.951
20180627_130807_1014	SUCCESS	1626	374.886.000.000	934.633.318
20180628_130729_1001	SUCCESS	501	367.308.000.000	906.727.785
20180629_130044_0e19	SUCCESS	1446	380.385.000.000	955.419.278
20180702_140256_1050	SUCCESS	649	373.410.000.000	929.131.500
20180704_130811_1006	SUCCESS	1140	348.768.000.000	841.917.711
20180705_130904_0f51	SUCCESS	991	351.387.000.000	850.784.001
20180706_130817_1010	RULE	752	595.494.000.000	0.000008
20180707_130816_1005	SUCCESS	1276	355.788.000.000	865.893.809
20180708_130820_1034	SUCCESS	730	359.694.000.000	879.528.773
20180709_140244_0f3b	SUCCESS	1124	341.865.000.000	818.988.694
20180712_130831_1011	SUCCESS	126	340.434.000.000	814.314.194
20180713_140143_1051	SUCCESS	266	352.908.000.000	855.975.949
20180715_140121_0f47	SUCCESS	160	332.127.000.000	787.700.766
20180716_130819_101d	SUCCESS	629	325.431.000.000	766.883.024
20180718_130926_0f42	SUCCESS	249	333.684.000.000	792.621.874
20180719_130845_1021	SUCCESS	1249	326.754.000.000	770.952.126
20180720_130605_0e19	SUCCESS	255	348.498.000.000	841.008.930
20180721_140012_1020	SUCCESS	737	314.487.000.000	734.036.150
20180722_130929_0f51	SUCCESS	1207	326.403.000.000	769.870.469
20180723_130842_1010	SUCCESS	937	330.102.000.000	781.346.160
20180724_140008_104b	SUCCESS	337	338.760.000.000	808.879.761
20180729_135944_0f46	SUCCESS	1150	323.271.000.000	760.285.696
20180731_135914_0f36	SUCCESS	325	321.939.000.000	756.245.666
20180802_130902_100a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	400	310.887.000.000	608.263.816
20180803_135859_0f44	SUCCESS	1676	311.751.000.000	726.046.657
20180804_130931_0f42	SUCCESS	1491	313.398.000.000	730.845.643
20180805_130834_1021	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	173	300.555.000.000	694.248.717
20180807_135813_104a	SUCCESS	272	317.790.000.000	743.798.585
20180811_130915_1044	SUCCESS	1452	317.466.000.000	742.835.246
20180812_135710_0f4d	SUCCESS	1192	300.555.000.000	694.248.717
20180813_130934_1018	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1398	162.351.000.000	94.033.898
20180814_130932_1002	RULE	771	98.316.000.000	0.000000
20180820_135615_0f40	SUCCESS	109	308.304.000.000	716.104.624
20180821_135535_1051	SUCCESS	18	313.398.000.000	730.845.643
20180822_135513_1043	SUCCESS	631	308.682.000.000	717.188.193
20180823_130949_1015	SUCCESS	750	297.990.000.000	687.162.142
20180824_135543_1052	SUCCESS	1130	307.503.000.000	713.813.896
20180825_135546_0f36	SUCCESS	84	294.156.000.000	676.704.220
20180827_130949_103e	SUCCESS	1081	299.754.000.000	692.027.904
20180828_135521_0f44	SUCCESS	1062	292.815.000.000	673.084.096
20180830_130825_0e0f	SUCCESS	1498	295.740.000.000	681.005.429
20180901_131010_1038	SUCCESS	1026	299.061.000.000	690.112.259
20180902_131110_0f43	SUCCESS	166	289.656.000.000	664.632.515
20180903_131059_0f22	SUCCESS	1401	279.225.000.000	637.471.952
20180904_131028_102c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1571	251.829.000.000	332.014.895
20180908_130942_1003	SUCCESS	537	282.996.000.000	647.160.466
20180911_131035_1033	SUCCESS	1072	269.460.000.000	613.052.317
20180912_135232_104b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	184	209.862.000.000	196.626.108
20180914_131041_1006	SUCCESS	1800	263.844.000.000	599.434.241
20180915_135221_0f2a	SUCCESS	1264	279.063.000.000	637.059.004
20180918_135212_1053	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1787	250.191.000.000	325.846.706
20180919_131003_103b	RULE	461	897.282.000.000	0.000030
20180922_135104_0f3b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1672	213.489.000.000	206.550.563
20180923_131053_103c	SUCCESS	585	282.951.000.000	647.043.987
20180925_135038_0f40	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1600	244.089.000.000	303.526.969
20180927_131212_0f34	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1846	171.567.000.000	110.202.714
20180928_135026_0f46	SUCCESS	275	270.360.000.000	615.263.283
20181004_134925_1048	SUCCESS	471	290.070.000.000	665.734.058
20181005_131109_1040	SUCCESS	658	298.386.000.000	688.251.469

20181007_130838_0e0f	RULE	1366	1.017.873.000.000	0.000035
20181010_134806_1052	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	3	262.260.000.000	373.087.168
20181013_134748_1_0f4b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1464	202.455.000.000	177.335.723
20181014_131158_103d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1476	356.670.000.000	902.710.463
20181015_134804_1048	SUCCESS	1252	307.683.000.000	714.328.027
20181016_131055_1001	RULE	526	49.950.000.000	0.000000
20181020_134738_0f46	RULE	1162	56.259.000.000	0.000000
20181022_131125_1004	RULE	1708	16.920.000.000	0.000000
20181023_134647_104e	RULE	298	703.638.000.000	0.000017
20181024_131113_1009	SUCCESS	867	307.053.000.000	712.530.187
20181025_130744_0e19	SUCCESS	1223	308.358.000.000	716.259.319
20181026_131152_1040	SUCCESS	188	313.110.000.000	730.004.194
20181102_134513_0f32	RULE	203	8.685.000.000	0.000000
20181114_134327_1020	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	823	533.943.000.000	2.878.074.862
20181119_131219_1005	SUCCESS	1406	465.768.000.000	1.344.372.014
20181122_131253_1008	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1485	165.546.000.000	99.450.425
20181123_130856_0e20	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1745	507.114.000.000	2.481.772.476
20181202_131241_100a	RULE	886	104.292.000.000	0.000000
20181208_130801_0e2f	SUCCESS	1337	561.726.000.000	1.973.402.085
20181212_133917_1053	RULE	1270	590.202.000.000	0.000003
20181214_131230_1025	RULE	580	595.143.000.000	0.000007
20181216_133854_1054	RULE	462	592.776.000.000	0.000005
20181219_131304_1027	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1024	177.660.000.000	121.827.631
20181220_133806_1050	RULE	1726	594.945.000.000	0.000006
20181222_131300_1001	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1323	517.788.000.000	2.634.866.091
20181225_131403_0f42	SUCCESS	1654	565.506.000.000	2.003.466.639
20181226_131358_101f	RULE	162	570.636.000.000	0.000000
20190102_133612_1020	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1513	530.739.000.000	2.828.723.738
20190103_133559_0f2b	SUCCESS	1329	538.344.000.000	1.797.201.980
20190104_130639_0e19	RULE	902	68.778.000.000	0.000000
20190105_131508_103d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1480	529.038.000.000	1.731.532.751
20190108_133519_1050	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1010	194.751.000.000	158.627.253
20190110_131452_0f43	RULE	957	626.661.000.000	0.000012
20190113_133452_1048	SUCCESS	9	547.011.000.000	1.860.599.969
20190117_131322_101e	SUCCESS	1108	560.475.000.000	1.963.551.846
20190118_133349_0f4d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1152	344.925.000.000	819.897.180
20190121_131407_100a	SUCCESS	218	541.800.000.000	1.822.219.019
20190122_131101_0e3a	SUCCESS	959	556.047.000.000	1.929.079.603
20190125_131355_1039	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1403	508.950.000.000	2.507.680.995
20190201_131455_0f3f	RULE	1116	47.502.000.000	0.000000
20190203_133019_0f3d	SUCCESS	884	502.254.000.000	1.555.615.053
20190209_131350_1014	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	678	436.077.000.000	1.608.469.070
20190211_133142_0f2e	SUCCESS	1468	533.412.000.000	1.762.094.221
20190214_132930_0f4d	SUCCESS	365	512.082.000.000	1.617.987.349
20190219_133019_0f33	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	406	303.696.000.000	568.702.531
20190302_144811_77_106f	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1121	549.774.000.000	3.130.165.696
20190306_131651_1008	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1371	398.997.000.000	1.245.966.675
20190308_131451_1038	RULE	1225	572.364.000.000	0.000000
20190311_132447_0f2a	RULE	1132	858.249.000.000	0.000028
20190316_132432_1_1048	RULE	746	573.615.000.000	0.000002
20190328_131317_1024	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1105	547.452.000.000	1.863.884.964
20190329_131646_1040	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	642	407.664.000.000	1.325.335.699
20190331_131355_1032	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	756	517.896.000.000	2.636.445.726
20190402_131505_1034	SUCCESS	1855	534.330.000.000	1.768.576.525
20190403_130911_0e2f	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1780	469.629.000.000	1.990.316.194
20190407_132601_52_1061	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1770	402.552.000.000	1.278.135.651
20190409_132031_1049	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1045	437.067.000.000	1.618.985.043
20190411_132016_0f33	RULE	794	590.877.000.000	0.000004
20190413_131526_1003	RULE	79	104.625.000.000	0.000000
20190414_144509_83_106d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1416	520.236.000.000	2.670.822.921
20190416_144426_82_1062	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1790	510.768.000.000	2.533.508.647
20190419_132730_11_105e	SUCCESS	256	560.979.000.000	1.967.514.360

20190422_132436_00_105f	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1404	548.658.000.000	3.111.940.906
20190424_132055_0f3c	<i>SUCCESS</i>	763	554.985.000.000	1.920.902.254
20190425_131959_1048	<i>SUCCESS</i>	1763	566.316.000.000	2.009.968.398
20190426_131608_1039	<i>RULE</i>	923	571.491.000.000	0.000000
20190427_131659_1004	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1174	466.047.000.000	1.947.002.355
20190430_131648_100e	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1851	421.335.000.000	1.457.109.379
20190501_131734_1013	<i>RULE</i>	1436	1.064.745.000.000	0.000036
20190504_131859_100d	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	905	539.154.000.000	2.959.532.845
20190507_131600_1032	<i>SUCCESS</i>	1262	559.170.000.000	1.953.328.811
20190508_131826_104e	<i>SUCCESS</i>	1131	560.808.000.000	1.966.169.040
20190511_132713_69_1058	<i>SUCCESS</i>	1797	557.784.000.000	1.942.529.519
20190512_131819_103e	<i>SUCCESS</i>	755	559.728.000.000	1.957.693.510
20190513_131751_1042	<i>RULE</i>	1719	33.399.000.000	0.000000
20190514_144442_10_106d	<i>SUCCESS</i>	530	559.485.000.000	1.955.791.557
20190517_131616_1038	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	480	379.809.000.000	1.081.425.643
20190518_131713_0f34	<i>SUCCESS</i>	1299	556.965.000.000	1.936.176.205
20190519_131730_1035	<i>SUCCESS</i>	449	555.678.000.000	1.926.234.382
20190520_131457_101f	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	196	361.926.000.000	941.468.233
20190521_131813_1011	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	977	111.528.000.000	31.964.444
20190522_131508_1050	<i>SUCCESS</i>	571	537.912.000.000	1.794.099.096
20190523_131636_0f36	<i>SUCCESS</i>	1308	509.877.000.000	1.603.779.450
20190524_131553_1020	<i>SUCCESS</i>	422	504.099.000.000	1.567.137.959
20190526_131310_0f44	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	484	459.360.000.000	1.867.796.595
20190527_132929_77_1064	<i>SUCCESS</i>	271	496.638.000.000	1.521.059.300
20190528_130946_0e19	<i>SUCCESS</i>	509	494.910.000.000	1.510.581.989
20190601_144334_94_106a	<i>SUCCESS</i>	1346	470.628.000.000	1.370.762.288
20190605_131448_1010	<i>SUCCESS</i>	339	443.457.000.000	1.229.592.729
20190607_131815_1004	<i>RULE</i>	252	99.000.000	0.000000
20190609_131135_1049	<i>SUCCESS</i>	430	417.510.000.000	1.108.375.023
20190610_144206_77_106b	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	861	374.976.000.000	1.042.350.496
20190611_131900_1013	<i>SUCCESS</i>	1542	410.661.000.000	1.078.422.149
20190612_131649_103b	<i>RULE</i>	928	20.088.000.000	0.000000
20190615_131531_1034	<i>SUCCESS</i>	1254	411.444.000.000	1.081.805.062
20190618_131732_1025	<i>SUCCESS</i>	240	413.433.000.000	1.090.446.232
20190619_144103_70_1067	<i>RULE</i>	693	69.723.000.000	0.000000
20190620_131558_103c	<i>SUCCESS</i>	837	427.716.000.000	1.154.559.631
20190621_131816_1008	<i>SUCCESS</i>	930	401.652.000.000	1.040.252.009
20190622_144021_81_106f	<i>SUCCESS</i>	469	407.079.000.000	1.063.080.685
20190626_143949_59_106e	<i>SUCCESS</i>	1525	389.898.000.000	992.475.452
20190628_130901_0e2f	<i>SUCCESS</i>	1744	372.852.000.000	927.059.991
20190629_131717_1014	<i>SUCCESS</i>	1405	389.124.000.000	989.407.500
20190701_133012_82_1059	<i>SUCCESS</i>	856	390.060.000.000	993.118.784
20190703_143942_79_1062	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	707	321.633.000.000	670.659.623
20190704_131719_101f	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1683	406.485.000.000	1.314.350.663
20190705_144151_39_1065	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1078	383.670.000.000	968.056.331
20190709_131831_1012	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1003	343.287.000.000	808.757.922
20190711_131958_0f15	<i>SUCCESS</i>	950	359.019.000.000	877.157.248
20190712_131724_1021	<i>SUCCESS</i>	261	345.042.000.000	829.462.814
20190713_131807_100a	<i>SUCCESS</i>	158	344.151.000.000	826.511.870
20190714_130526_0f2d	<i>SUCCESS</i>	1836	351.234.000.000	850.263.481
20190715_144114_30_1069	<i>SUCCESS</i>	1218	351.882.000.000	852.470.222
20190716_130729_0e19	<i>SUCCESS</i>	766	360.918.000.000	883.845.505
20190718_131624_1004	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	15	163.044.000.000	95.191.981
20190719_130742_1052	<i>SUCCESS</i>	653	350.109.000.000	846.445.891
20190721_130639_1020	<i>SUCCESS</i>	407	341.199.000.000	816.809.811
20190722_133024_07_105a	<i>SUCCESS</i>	1191	351.045.000.000	849.620.924
20190724_132953_39_1059	<i>SUCCESS</i>	1536	359.496.000.000	878.832.462
20190726_131801_1040	<i>SUCCESS</i>	1826	342.504.000.000	821.084.706
20190727_131615_103b	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1318	324.774.000.000	689.653.668
20190728_130903_0e0f	<i>SUCCESS</i>	1639	330.930.000.000	783.938.269
20190729_143935_45_1063	<i>SUCCESS</i>	637	329.472.000.000	779.379.647
20190731_132042_0f17	<i>SUCCESS</i>	412	325.620.000.000	767.463.007

20190804_131845_0f28	SUCCESS	673	305.208.000.000	707.291.070
20190806_133255_42_105d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	460	295.074.000.000	523.528.771
20190809_143912_91_106b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1025	160.587.000.000	91.127.600
20190811_130316_1020	SUCCESS	1438	300.411.000.000	693.848.945
20190813_143715_86_106a	SUCCESS	520	304.416.000.000	705.053.918
20190815_131718_1027	SUCCESS	1805	291.033.000.000	668.303.411
20190816_131830_0f34	SUCCESS	1241	293.400.000.000	674.660.957
20190818_133131_37_1058	SUCCESS	789	287.298.000.000	658.393.172
20190819_131902_1027	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	999	272.853.000.000	418.050.166
20190821_133148_56_105a	SUCCESS	1574	294.975.000.000	678.924.738
20190822_133220_91_1057	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1146	278.505.000.000	443.421.332
20190823_131732_101e	SUCCESS	1478	296.604.000.000	683.363.056
20190826_130210_0f44	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	726	168.219.000.000	104.135.096
20190827_131916_101e	SUCCESS	321	281.799.000.000	644.069.268
20190828_130928_0e2f	SUCCESS	1576	280.179.000.000	639.909.192
20190829_130132_0f46	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1349	220.644.000.000	227.074.335
20190830_131809_0f35	SUCCESS	1353	284.922.000.000	652.165.444
20190831_133311_44_1059	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	292	259.740.000.000	362.877.678
20190903_131946_0f35	SUCCESS	586	285.219.000.000	652.940.677
20190904_133320_82_1061	RULE	1493	56.484.000.000	0.000000
20190905_131819_1006	SUCCESS	1682	269.505.000.000	613.162.677
20190909_125845_1048	SUCCESS	1311	268.902.000.000	611.685.511
20190910_125600_0f49	SUCCESS	1688	268.803.000.000	611.443.331
20190913_131710_1013	SUCCESS	1674	267.777.000.000	608.939.110
20190914_133658_07_105c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1044	263.826.000.000	379.524.981
20190915_143636_42_106e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	202	170.046.000.000	107.418.411
20190916_132133_1018	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	894	265.869.000.000	388.032.030
20190920_131843_1005	SUCCESS	380	260.694.000.000	591.928.753
20190926_131749_103b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	929	269.577.000.000	403.787.867
20190929_131724_1044	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1644	252.081.000.000	332.970.549
20190930_131910_103b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1185	291.231.000.000	504.173.013
20191001_131036_0e0f	SUCCESS	1427	263.871.000.000	599.498.983
20191003_143617_87_106a	RULE	1032	108.729.000.000	0.000000
20191010_133430_28_1057	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1762	234.864.000.000	271.716.018
20191011_131938_1034	SUCCESS	464	269.784.000.000	613.847.348
20191014_125032_100d	RULE	31	7.767.000.000	0.000000
20191016_125052_1052	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1569	220.878.000.000	227.767.066
20191020_131952_0f34	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	324	184.059.000.000	134.867.435
20191021_125014_0f2a	RULE	870	573.354.000.000	0.000001
20191023_132138_103d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1637	411.201.000.000	1.358.649.539
20191025_132040_1008	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1421	227.556.000.000	248.121.628
20191027_131917_1011	RULE	189	41.319.000.000	0.000000
20191028_131833_0f52	RULE	1142	29.628.000.000	0.000000
20191029_143552_26_1067	RULE	1591	14.364.000.000	0.000000
20191030_131840_103e	SUCCESS	517	274.005.000.000	624.299.536
20191031_131959_103d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	440	508.041.000.000	2.494.831.811
20191101_133635_19_1058	RULE	316	8.568.000.000	0.000000
20191102_131829_1014	SUCCESS	472	263.304.000.000	598.140.860
20191104_133701_36_105d	RULE	1074	0.000000	0.000000
20191105_130900_0e3a	SUCCESS	809	273.060.000.000	621.944.138
20191107_131928_101f	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	263	257.247.000.000	352.958.554
20191108_131809_103d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	499	229.653.000.000	254.749.277
20191110_124702_1_0f4d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	592	120.915.000.000	40.320.257
20191111_143424_52_1069	RULE	429	12.933.000.000	0.000000
20191120_131803_1038	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	225	268.101.000.000	397.467.121
20191121_131848_1006	SUCCESS	367	273.825.000.000	623.850.202
20191125_131932_1006	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1651	169.182.000.000	105.857.427
20191127_133828_02_1058	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	732	221.067.000.000	228.327.584
20191130_131850_1035	SUCCESS	1507	306.486.000.000	710.916.000
20191201_131811_100c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1545	446.310.000.000	1.719.335.967
20191203_143319_28_1063	RULE	276	27.963.000.000	0.000000
20191206_124521_0f24	RULE	686	0.000000	0.000000

20191207_131918_0f25	RULE	1284	0.000000	0.000000
20191208_131940_103c	SUCCESS	443	332.820.000.000	789.887.301
20191209_131736_1009	RULE	1253	912.366.000.000	0.000031
20191210_132019_1038	SUCCESS	118	371.124.000.000	920.674.247
20191211_143310_47_1062	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	924	358.776.000.000	918.112.621
20191213_131805_1009	SUCCESS	1009	398.142.000.000	1.025.748.920
20191215_131949_1004	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	743	265.284.000.000	385.583.521
20191216_124254_1_0f4d	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	842	176.994.000.000	120.519.818
20191220_134042_52_1064	SUCCESS	44	441.531.000.000	1.220.156.342
20191223_131904_1013	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	600	222.327.000.000	232.087.370
20191224_132036_0f31	SUCCESS	1060	428.589.000.000	1.158.598.401
20191225_131921_1009	RULE	949	40.023.000.000	0.000000
20191226_143140_66_106a	SUCCESS	434	439.281.000.000	1.209.224.203
20191231_132144_1004	RULE	1496	929.889.000.000	0.000033
20200110_132032_1009	SUCCESS	804	421.767.000.000	1.461.406.790
20200111_132021_1039	SUCCESS	962	438.399.000.000	1.204.965.577
20200112_131858_1040	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	565	317.448.000.000	645.886.990
20200114_132006_103d	RULE	1031	624.789.000.000	0.000011
20200115_132039_1039	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	934	251.406.000.000	330.414.784
20200116_131914_1040	SUCCESS	1443	479.925.000.000	1.422.697.902
20200117_132039_1035	SUCCESS	128	478.791.000.000	1.416.259.158
20200120_131928_1040	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1505	233.496.000.000	267.192.733
20200126_132110_1009	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	504	545.517.000.000	3.061.018.683
20200130_132115_1009	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	661	400.662.000.000	1.260.966.599
20200201_132158_1013	SUCCESS	211	492.930.000.000	1.498.665.432
20200204_132144_1039	RULE	1474	767.439.000.000	0.000022
20200205_132203_1013	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1071	339.318.000.000	782.177.005
20200206_132012_0f17	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1658	556.092.000.000	3.234.654.655
20200213_123245_1020	RULE	776	52.965.000.000	0.000000
20200216_132153_1039	RULE	1251	570.510.000.000	0.000000
20200219_132507_1026	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1106	255.375.000.000	345.627.675
20200227_142632_27_1067	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1471	507.663.000.000	2.489.501.249
20200229_132144_1013	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1057	153.981.000.000	80.765.207
20200305_134317_52_1060	RULE	1857	9.477.000.000	0.000000
20200314_131942_1009	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1168	505.971.000.000	2.465.731.655
20200315_122925_1050	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	680	184.005.000.000	134.753.760
20200316_132208_1004	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1488	541.278.000.000	2.993.161.385
20200317_122610_1020	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	436	129.861.000.000	49.499.848
20200318_132102_100c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1701	404.595.000.000	1.296.865.221
20200319_132338_0f4e	RULE	830	626.877.000.000	0.000013
20200326_132004_100c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	879	426.780.000.000	1.511.880.288
20200327_122503_104e	SUCCESS	296	544.635.000.000	1.843.000.592
20200329_132114_1008	SUCCESS	1552	550.953.000.000	1.890.170.430
20200331_131915_1039	RULE	1686	6.876.000.000	0.000000
20200401_142411_84_1062	RULE	1739	27.108.000.000	0.000000
20200403_131923_103c	SUCCESS	970	560.709.000.000	1.965.390.591
20200404_132212_100a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	363	338.499.000.000	776.763.968
20200405_122541_0f21	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1035	366.075.000.000	972.817.363
20200408_125116_08_2271	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1530	396.396.000.000	1.222.767.999
20200409_131854_1004	RULE	1151	12.483.000.000	0.000000
20200411_132005_103c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	385	506.610.000.000	2.474.690.999
20200412_132056_0f4e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1263	536.409.000.000	2.916.438.454
20200416_142402_15_106b	RULE	6	11.214.000.000	0.000000
20200419_131939_101f	RULE	1673	676.188.000.000	0.000015
20200422_122000_1052	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1363	413.154.000.000	1.377.275.889
20200423_131846_101f	SUCCESS	314	562.221.000.000	1.977.313.291
20200425_121929_100d	RULE	610	0.000000	0.000000
20200427_142332_66_106e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	745	527.211.000.000	1.718.924.836
20200429_132354_0f52	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	546	516.924.000.000	1.649.629.966
20200502_134716_72_1060	SUCCESS	968	549.144.000.000	1.876.542.522
20200505_132116_103c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	355	325.656.000.000	695.049.572
20200506_131954_1012	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1222	528.597.000.000	2.796.040.342

20200514_134439_14_1064	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1136	513.990.000.000	1.630.383.070
20200519_134542_99_1061	<i>RULE</i>	1200	1.073.223.000.000	0.000000
20200520_142409_74_1062	<i>RULE</i>	883	18.000.000	0.000000
20200521_132125_103c	<i>SUCCESS</i>	906	544.914.000.000	3.051.305.388
20200522_131857_1011	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	909	163.467.000.000	95.903.412
20200523_132212_1035	<i>SUCCESS</i>	1546	512.775.000.000	1.622.478.632
20200525_132123_103c	<i>SUCCESS</i>	1272	502.101.000.000	1.554.663.308
20200526_131922_1027	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	710	285.777.000.000	477.513.412
20200527_132119_0f25	<i>RULE</i>	1623	0.000000	0.000000
20200529_131839_1001	<i>SUCCESS</i>	346	446.229.000.000	1.243.302.318
20200530_132110_1034	<i>SUCCESS</i>	1341	427.356.000.000	1.152.898.262
20200601_132222_0f3f	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1584	384.156.000.000	1.117.376.542
20200602_132031_1025	<i>SUCCESS</i>	26	432.945.000.000	1.178.962.718
20200604_133555_58_105c	<i>SUCCESS</i>	784	428.562.000.000	1.158.473.279
20200605_132111_0f3f	<i>SUCCESS</i>	643	408.312.000.000	1.068.336.750
20200608_132154_103b	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1117	372.618.000.000	1.023.624.966
20200609_131916_1010	<i>SUCCESS</i>	1519	406.755.000.000	1.061.703.825
20200610_131804_1025	<i>SUCCESS</i>	1236	413.343.000.000	1.090.053.742
20200611_134701_27_1058	<i>SUCCESS</i>	231	413.649.000.000	1.091.388.785
20200615_142023_02_106e	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	582	381.357.000.000	1.094.140.190
20200616_134716_73_1066	<i>RULE</i>	1247	3.411.000.000	0.000000
20200617_132224_1009	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	270	389.907.000.000	1.166.123.958
20200619_142131_86_106e	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1094	362.133.000.000	943.016.444
20200620_132138_1008	<i>SUCCESS</i>	824	396.756.000.000	1.020.077.903
20200623_132150_1004	<i>RULE</i>	179	0.000000	0.000000
20200624_121210_1043	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1345	269.109.000.000	401.776.687
20200625_125213_55_2277	<i>SUCCESS</i>	617	393.093.000.000	1.005.240.684
20200626_142033_68_1063	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1038	319.905.000.000	660.357.216
20200629_121019_1043	<i>SUCCESS</i>	528	381.366.000.000	959.175.709
20200630_125243_09_2304	<i>SUCCESS</i>	1556	386.631.000.000	1.138.189.169
20200705_134822_88_105a	<i>SUCCESS</i>	1679	380.592.000.000	956.210.693
20200706_141907_11_106a	<i>SUCCESS</i>	1585	377.613.000.000	944.884.104
20200707_142122_97_1069	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1198	243.387.000.000	301.025.145
20200708_131912_100a	<i>SUCCESS</i>	1338	360.081.000.000	880.891.338
20200709_121448_0f2e	<i>SUCCESS</i>	948	363.303.000.000	892.317.739
20200710_134742_62_1057	<i>SUCCESS</i>	1027	365.886.000.000	901.584.958
20200711_134917_84_1066	<i>RULE</i>	283	29.088.000.000	0.000000
20200712_130403_0e20	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1453	360.972.000.000	884.036.436
20200713_125420_53_2263	<i>SUCCESS</i>	1827	375.075.000.000	935.340.168
20200715_120803_104e	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	813	289.287.000.000	494.562.190
20200716_135041_22_105d	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1170	339.165.000.000	781.163.917
20200718_132204_1032	<i>SUCCESS</i>	912	364.005.000.000	894.826.888
20200719_125330_35_2257	<i>SUCCESS</i>	899	369.297.000.000	913.970.485
20200721_142020_24_106d	<i>SUCCESS</i>	1839	347.274.000.000	836.901.414
20200723_120524_104a	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	67	268.695.000.000	400.003.019
20200728_141853_74_1062	<i>RULE</i>	347	84.069.000.000	0.000000
20200730_120413_1020	<i>RULE</i>	1268	22.086.000.000	0.000000
20200731_141734_83_1067	<i>SUCCESS</i>	485	353.277.000.000	857.240.302
20200804_141812_59_1067	<i>SUCCESS</i>	1173	348.732.000.000	841.796.483
20200805_134900_76_1066	<i>RULE</i>	1224	11.232.000.000	0.000000
20200806_125629_24_2277	<i>SUCCESS</i>	866	347.895.000.000	838.982.861
20200807_132110_1002	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1798	327.447.000.000	706.091.100
20200808_141843_69_1067	<i>SUCCESS</i>	481	349.065.000.000	842.918.503
20200809_125553_94_2257	<i>SUCCESS</i>	159	342.378.000.000	820.670.984
20200811_135042_65_1057	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1033	240.678.000.000	291.496.782
20200812_120413_1050	<i>SUCCESS</i>	872	338.058.000.000	806.611.612
20200814_132153_1008	<i>SUCCESS</i>	1021	338.229.000.000	807.163.523
20200815_130459_0e0f	<i>SUCCESS</i>	1175	334.872.000.000	796.397.377
20200817_132102_1013	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	522	285.966.000.000	478.421.505
20200823_132050_1038	<i>SUCCESS</i>	796	340.821.000.000	815.575.728
20200825_131839_1004	<i>RULE</i>	1172	69.201.000.000	0.000000
20200826_115923_0f4d	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	993	276.408.000.000	433.894.339

20200827_125651_91_2277	SUCCESS	834	336.303.000.000	800.969.027
20200829_115902_104b	SUCCESS	1523	328.158.000.000	775.293.974
20200830_125254_87_2223	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	177	352.926.000.000	875.746.714
20200831_125338_03_2212	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	421	369.621.000.000	1.000.143.345
20200906_141455_06_106c	SUCCESS	753	327.807.000.000	774.206.225
20200908_125608_05_2271	SUCCESS	668	328.320.000.000	775.796.527
20200909_120011_0f32	RULE	1375	35.091.000.000	0.000000
20200910_141509_07_106c	SUCCESS	1283	326.016.000.000	768.679.632
20200911_131927_1032	SUCCESS	576	324.027.000.000	762.588.280
20200912_125314_65_222b	SUCCESS	1305	325.728.000.000	767.794.622
20200914_115609_0f32	RULE	1267	51.831.000.000	0.000000
20200917_125556_25_2277	SUCCESS	64	321.048.000.000	753.555.204
20200918_115620_1050	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1258	354.636.000.000	887.995.754
20200919_132311_0f22	SUCCESS	1315	317.277.000.000	644.887.676
20200920_132115_1025	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1627	342.054.000.000	800.438.304
20200923_132104_0f22	SUCCESS	1428	304.011.000.000	703.912.655
20200924_131902_1025	SUCCESS	1691	313.938.000.000	732.425.976
20200926_130507_0e3a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1475	284.904.000.000	473.333.468
20200930_125354_92_222b	SUCCESS	797	310.608.000.000	722.734.749
20201002_115541_1020	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1547	178.758.000.000	124.003.896
20201004_141556_37_106c	SUCCESS	1202	301.365.000.000	696.501.731
20201005_115241_1_0f2a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	123	366.957.000.000	979.568.099
20201006_131836_1039	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1309	421.074.000.000	1.454.517.024
20201007_135207_80_1064	SUCCESS	890	306.315.000.000	710.429.899
20201008_141552_28_106c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	965	288.000.000.000	488.265.672
20201009_115503_0f46	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	193	296.352.000.000	530.071.256
20201012_141543_17_106c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	916	263.754.000.000	379.227.413
20201013_125312_62_2235	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1499	333.747.000.000	745.837.985
20201015_125425_08_2212	SUCCESS	147	307.854.000.000	714.816.795
20201018_134757_40_227a	RULE	136	706.221.000.000	0.000018
20201019_135123_31_1061	RULE	148	63.000.000	0.000000
20201020_141516_17_106c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1086	225.252.000.000	240.970.521
20201021_132139_1001	SUCCESS	754	290.394.000.000	666.597.409
20201022_141550_37_1065	RULE	1231	4.509.000.000	0.000000
20201026_141505_60_1065	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	783	299.313.000.000	545.433.840
20201029_134436_53_225b	RULE	1804	995.769.000.000	0.000034
20201030_134343_01_2419	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1567	238.338.000.000	283.426.438
20201103_135500_75_1060	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	470	339.039.000.000	780.330.251
20201104_132057_1008	SUCCESS	1689	336.861.000.000	802.758.787
20201105_125845_81_2259	SUCCESS	748	344.088.000.000	826.303.615
20201106_132151_0f4e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1450	275.238.000.000	428.637.349
20201108_132017_1014	SUCCESS	679	349.461.000.000	844.254.744
20201109_134703_38_2416	RULE	192	71.640.000.000	0.000000
20201112_125927_71_2304	RULE	1149	46.557.000.000	0.000000
20201114_114946_0f3c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1022	334.449.000.000	750.355.100
20201115_132203_1035	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1786	373.203.000.000	1.028.249.978
20201117_135500_73_1060	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	854	493.515.000.000	2.295.288.267
20201118_135545_67_1064	RULE	1303	0.000000	0.000000
20201120_125542_76_222c	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	663	205.641.000.000	185.474.140
20201121_134359_22_2307	RULE	1621	43.461.000.000	0.000000
20201122_134427_56_2403	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	760	209.142.000.000	194.693.763
20201123_134645_18_2412	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1339	236.574.000.000	277.439.955
20201124_135424_93_1060	SUCCESS	242	339.696.000.000	811.913.883
20201126_131833_1011	RULE	695	1.242.000.000	0.000000
20201127_114337_1049	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	153	326.700.000.000	701.472.044
20201128_125802_0e26	SUCCESS	1448	352.458.000.000	854.436.578
20201129_132020_1025	SUCCESS	1257	362.124.000.000	888.119.476
20201130_125202_60_220b	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	812	119.871.000.000	39.327.903
20201202_134431_15_2307	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	604	371.079.000.000	1.011.522.457
20201205_131954_1008	SUCCESS	1321	344.151.000.000	826.511.870
20201207_134558_18_2426	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	980	425.772.000.000	1.501.641.373
20201208_114257_1054	RULE	1104	30.006.000.000	0.000000

20201210_125754_41_225a	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1565	346.113.000.000	828.038.467
20201213_114410_0f24	<i>RULE</i>	862	0.000000	0.000000
20201214_140959_28_1069	<i>RULE</i>	619	45.000.000	0.000000
20201215_130226_0e20	<i>RULE</i>	326	0.000000	0.000000
20201219_134441_61_2405	<i>SUCCESS</i>	635	344.718.000.000	828.388.526
20201222_134434_00_2408	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	500	200.160.000.000	171.620.011
20201227_132143_1013	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1046	228.780.000.000	251.976.284
20201228_134357_52_2254	<i>SUCCESS</i>	1285	373.509.000.000	929.499.509
20201230_131835_1002	<i>RULE</i>	1735	34.767.000.000	0.000000
20210101_125907_90_2276	<i>SUCCESS</i>	1204	365.625.000.000	900.644.194
20210102_134641_01_227b	<i>RULE</i>	423	3.051.000.000	0.000000
20210103_132028_100a	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1382	287.442.000.000	485.552.041
20210106_131948_101f	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	82	279.162.000.000	446.433.989
20210107_135955_13_105a	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1586	332.190.000.000	735.882.613
20210108_132652_1026	<i>RULE</i>	1418	0.000000	0.000000
20210110_134329_95_2406	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	961	300.276.000.000	550.491.999
20210112_134702_29_227c	<i>RULE</i>	901	198.000.000	0.000000
20210113_134528_60_240f	<i>SUCCESS</i>	1433	404.559.000.000	1.296.533.646
20210114_134245_17_2416	<i>RULE</i>	1709	19.017.000.000	0.000000
20210117_135622_91_1061	<i>RULE</i>	141	2.493.000.000	0.000000
20210118_130109_70_2262	<i>RULE</i>	1362	30.402.000.000	0.000000
20210122_134230_64_2412	<i>RULE</i>	1148	6.147.000.000	0.000000
20210124_134513_73_225b	<i>SUCCESS</i>	525	417.780.000.000	1.109.572.715
20210125_131909_1009	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1459	378.990.000.000	1.074.737.908
20210126_130150_23_225a	<i>SUCCESS</i>	654	427.221.000.000	1.152.275.865
20210127_132958_10_105c	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	725	341.235.000.000	794.943.099
20210129_130028_00_2264	<i>SUCCESS</i>	465	436.743.000.000	1.197.010.262
20210201_113529_104e	<i>RULE</i>	765	5.211.000.000	0.000000
20210203_135816_74_1061	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1773	284.427.000.000	471.059.696
20210204_135943_76_1060	<i>SUCCESS</i>	1581	432.153.000.000	1.567.225.814
20210205_134439_34_227a	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	199	366.975.000.000	979.706.186
20210224_125424_78_2212	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	442	561.168.000.000	3.320.230.698
20210303_134215_14_2403	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	595	507.159.000.000	2.482.405.393
20210304_130155_24_2276	<i>RULE</i>	8	855.918.000.000	0.000027
20210305_125957_96_2262	<i>RULE</i>	939	1.066.662.000.000	0.000037
20210307_140436_74_106e	<i>RULE</i>	361	0.000000	0.000000
20210308_134146_75_225b	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	342	549.855.000.000	3.131.491.165
20210309_134506_02_227a	<i>RULE</i>	1784	60.471.000.000	0.000000
20210310_134315_13_2403	<i>SUCCESS</i>	1177	548.424.000.000	1.871.145.855
20210312_140549_39_1067	<i>RULE</i>	612	1.098.000.000	0.000000
20210313_131858_103c	<i>RULE</i>	1419	813.816.000.000	0.000025
20210317_135849_75_1058	<i>RULE</i>	61	570.600.000.000	0.000000
20210318_134301_12_240f	<i>RULE</i>	1832	55.674.000.000	0.000000
20210321_135922_25_1064	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	157	443.727.000.000	1.690.895.756
20210323_112602_1053	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1810	516.699.000.000	2.618.972.580
20210324_131848_1039	<i>RULE</i>	55	22.374.000.000	0.000000
20210326_125136_68_2449	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	76	445.347.000.000	1.708.696.654
20210329_134300_45_2426	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1099	556.038.000.000	3.233.752.093
20210330_125402_73_2457	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	505	535.950.000.000	2.909.272.688
20210331_140050_16_1064	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1018	542.529.000.000	3.013.084.098
20210401_131749_1011	<i>RULE</i>	1216	95.022.000.000	0.000000
20210402_112424_0f3c	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	903	405.765.000.000	1.307.671.536
20210403_125319_03_2455	<i>SUCCESS</i>	1841	559.071.000.000	1.952.555.446
20210404_131817_1025	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	541	531.054.000.000	2.833.551.023
20210405_131851_1040	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	107	449.334.000.000	1.753.025.951
20210407_132039_1009	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	310	538.515.000.000	2.949.464.217
20210409_131944_1035	<i>SUCCESS</i>	808	564.354.000.000	1.994.255.903
20210410_134407_24_2254	<i>SUCCESS</i>	69	550.746.000.000	1.888.606.017
20210412_140239_72_105d	<i>RULE</i>	1182	2.619.000.000	0.000000
20210413_125351_97_2464	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1377	343.503.000.000	810.221.151
20210416_130115_18_2276	<i>SUCCESS</i>	52	531.603.000.000	1.749.389.727
20210417_130020_77_222f	<i>RULE</i>	502	9.279.000.000	0.000000

20210419_134211_21_225b	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1529	372.321.000.000	1.021.282.083
20210420_132038_1040	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	944	480.159.000.000	2.121.271.641
20210421_140144_30_106d	<i>RULE</i>	1521	23.454.000.000	0.000000
20210424_132030_1035	<i>SUCCESS</i>	1064	539.667.000.000	1.806.737.983
20210425_125140_47_2421	<i>SUCCESS</i>	1562	517.995.000.000	1.656.712.140
20210427_111834_0f32	<i>RULE</i>	1181	0.000000	0.000000
20210430_131657_1003	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	625	486.054.000.000	2.196.975.984
20210502_125326_05_245c	<i>SUCCESS</i>	305	491.463.000.000	1.489.897.014
20210503_131849_1010	<i>SUCCESS</i>	1856	456.579.000.000	1.295.855.377
20210504_125345_37_2458	<i>SUCCESS</i>	1486	463.275.000.000	1.331.032.557
20210505_134233_33_2403	<i>SUCCESS</i>	806	456.093.000.000	1.293.338.681
20210506_131836_1008	<i>SUCCESS</i>	1179	442.998.000.000	1.227.337.268
20210507_131955_1009	<i>RULE</i>	549	13.635.000.000	0.000000
20210509_131942_1035	<i>SUCCESS</i>	1511	434.826.000.000	1.187.866.689
20210510_132211_0f15	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1153	250.506.000.000	327.027.043
20210511_125154_26_2456	<i>SUCCESS</i>	1073	427.131.000.000	1.151.861.120
20210512_134122_96_2403	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	826	406.323.000.000	1.312.845.925
20210513_140105_15_1063	<i>RULE</i>	1396	10.800.000.000	0.000000
20210515_131606_1003	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1635	116.271.000.000	36.028.417
20210516_131918_1011	<i>RULE</i>	110	12.519.000.000	0.000000
20210517_134308_10_2408	<i>RULE</i>	1541	15.282.000.000	0.000000
20210519_125033_76_241d	<i>SUCCESS</i>	1137	416.169.000.000	1.102.445.617
20210520_130142_63_2280	<i>RULE</i>	1774	22.644.000.000	0.000000
20210521_134131_73_2254	<i>SUCCESS</i>	1351	402.516.000.000	1.277.807.206
20210522_125959_0e0f	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	630	366.264.000.000	974.261.387
20210524_131738_1035	<i>SUCCESS</i>	68	392.094.000.000	1.001.231.758
20210525_132023_0f15	<i>SUCCESS</i>	1813	386.136.000.000	977.652.489
20210527_134423_14_2414	<i>SUCCESS</i>	1469	414.954.000.000	1.394.589.759
20210528_125118_95_2448	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	315	368.199.000.000	989.125.916
20210529_134306_01_2274	<i>SUCCESS</i>	555	390.312.000.000	1.169.608.155
20210530_130040_09_2259	<i>SUCCESS</i>	35	386.487.000.000	979.026.077
20210531_124911_25_2445	<i>SUCCESS</i>	1302	386.973.000.000	980.931.155
20210601_133919_45_227a	<i>SUCCESS</i>	607	385.407.000.000	974.805.807
20210602_133835_84_2424	<i>SUCCESS</i>	1015	399.132.000.000	1.029.818.939
20210603_134200_34_2405	<i>SUCCESS</i>	1514	404.172.000.000	1.050.790.775
20210605_125126_82_2455	<i>SUCCESS</i>	241	404.946.000.000	1.054.049.064
20210607_130059_90_2280	<i>SUCCESS</i>	1420	394.209.000.000	1.009.738.110
20210608_133945_81_2274	<i>SUCCESS</i>	1089	399.141.000.000	1.029.856.014
20210609_125203_47_2445	<i>SUCCESS</i>	1662	397.116.000.000	1.021.547.873
20210610_133953_66_225b	<i>SUCCESS</i>	161	388.665.000.000	987.592.614
20210611_134125_58_227a	<i>SUCCESS</i>	773	384.363.000.000	970.743.506
20210612_134121_56_2307	<i>SUCCESS</i>	176	379.521.000.000	952.123.048
20210613_133945_73_2419	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	640	359.109.000.000	920.563.578
20210614_130348_02_2233	<i>SUCCESS</i>	672	376.767.000.000	941.692.020
20210615_125301_42_2421	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	1190	300.609.000.000	552.248.172
20210616_125115_90_242b	<i>SUCCESS</i>	1385	368.784.000.000	912.096.940
20210617_134244_95_2407	<i>SUCCESS</i>	1847	373.158.000.000	928.195.407
20210619_134203_02_2402	<i>SUCCESS</i>	850	365.058.000.000	898.603.848
20210621_125315_93_241e	<i>SUCCESS</i>	1326	367.695.000.000	908.132.487
20210622_125302_80_2448	<i>SUCCESS</i>	1380	366.084.000.000	902.299.296
20210624_135849_14_1065	<i>RULE</i>	1176	77.130.000.000	0.000000
20210625_140450_70_105e	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	694	303.066.000.000	565.318.894
20210627_134229_28_2274	<i>SUCCESS</i>	197	365.940.000.000	901.779.721
20210628_125157_0e26	<i>SUCCESS</i>	1229	364.797.000.000	897.666.195
20210629_134053_07_2403	<i>SUCCESS</i>	83	365.436.000.000	899.963.565
20210630_125123_14_2439	<i>SUCCESS</i>	73	365.409.000.000	899.866.374
20210701_131650_103b	<i>RULE</i>	1834	1.278.000.000	0.000000
20210702_125145_56_2457	<i>SUCCESS</i>	1820	360.468.000.000	882.256.014
20210703_131735_1039	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	384	354.141.000.000	884.438.568
20210704_130432_93_222f	<i>SUCCESS</i>	444	357.030.000.000	870.206.273
20210705_110722_0f49	<i>DISCARDED_IMAGE_MANUALLY</i>	714	288.126.000.000	488.879.793
20210706_134307_94_227c	<i>SUCCESS</i>	925	356.544.000.000	868.516.235

20210707_124939_34_2445	SUCCESS	290	356.346.000.000	867.828.643
20210708_134110_80_2406	SUCCESS	1430	351.261.000.000	850.355.314
20210709_130138_52_222f	SUCCESS	1664	351.369.000.000	850.722.747
20210710_134039_71_241c	SUCCESS	1555	349.848.000.000	845.562.663
20210711_125246_58_241d	SUCCESS	1724	351.459.000.000	851.029.062
20210712_131856_103b	RULE	1814	31.176.000.000	0.000000
20210714_125242_58_2465	SUCCESS	180	348.012.000.000	839.375.597
20210715_131720_1002	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1133	241.020.000.000	292.688.691
20210716_124958_64_245d	SUCCESS	352	348.633.000.000	841.463.198
20210717_140006_95_1067	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	36	338.373.000.000	775.933.368
20210718_125609_0e20	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1256	320.805.000.000	665.710.077
20210719_125210_58_2463	SUCCESS	268	342.216.000.000	820.139.361
20210720_134019_10_241c	SUCCESS	787	343.863.000.000	825.560.276
20210721_125132_66_2447	SUCCESS	1125	345.735.000.000	831.765.274
20210723_140516_19_1058	SUCCESS	510	347.427.000.000	837.413.755
20210724_134152_56_2414	SUCCESS	130	345.348.000.000	830.478.698
20210726_134114_96_2405	SUCCESS	1714	341.694.000.000	818.428.697
20210727_124902_61_245f	SUCCESS	616	343.575.000.000	824.609.779
20210728_125125_82_2429	SUCCESS	1156	343.080.000.000	822.978.667
20210729_125218_00_242a	SUCCESS	1840	343.089.000.000	823.008.294
20210730_133952_76_240f	SUCCESS	708	338.328.000.000	807.483.223
20210802_130506_37_222f	SUCCESS	893	337.995.000.000	806.408.372
20210803_125314_28_242d	SUCCESS	938	338.184.000.000	807.018.247
20210804_125900_82_2264	SUCCESS	698	340.110.000.000	813.259.526
20210805_130237_78_2251	SUCCESS	880	339.768.000.000	812.147.748
20210806_124801_47_242b	SUCCESS	1598	337.275.000.000	804.089.257
20210807_132424_0f17	SUCCESS	95	332.055.000.000	787.473.941
20210808_140645_72_1058	SUCCESS	111	331.731.000.000	786.454.035
20210809_133959_38_240f	SUCCESS	1096	330.714.000.000	783.261.239
20210811_133729_14_227a	SUCCESS	751	333.504.000.000	792.051.392
20210812_133819_47_2424	SUCCESS	1050	331.110.000.000	784.502.908
20210813_124901_71_2423	SUCCESS	288	333.045.000.000	790.598.520
20210815_132150_0f22	SUCCESS	1195	322.758.000.000	758.727.190
20210816_133905_13_2407	SUCCESS	1171	333.126.000.000	790.854.715
20210818_125233_19_241e	SUCCESS	572	331.614.000.000	786.086.061
20210819_133946_52_240f	SUCCESS	657	325.998.000.000	768.624.289
20210820_135635_25_1063	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	244	132.912.000.000	52.915.929
20210821_133714_03_227a	SUCCESS	1417	329.139.000.000	778.342.204
20210822_110107_1052	RULE	967	69.759.000.000	0.000000
20210823_125039_19_2430	SUCCESS	1360	329.661.000.000	779.969.081
20210824_124953_32_2453	SUCCESS	814	328.752.000.000	777.138.263
20210825_125031_29_2447	SUCCESS	143	325.053.000.000	765.724.373
20210826_125158_73_245d	SUCCESS	1776	326.385.000.000	769.815.040
20210828_130104_72_2264	SUCCESS	1387	323.649.000.000	761.436.118
20210829_131620_1014	SUCCESS	747	323.487.000.000	760.942.867
20210830_125131_05_2460	SUCCESS	300	316.323.000.000	739.446.755
20210831_140737_67_1064	SUCCESS	1809	319.446.000.000	748.741.861
20210901_140909_68_1061	RULE	647	27.387.000.000	0.000000
20210902_133936_18_2419	SUCCESS	553	312.219.000.000	727.407.089
20210904_131812_1002	SUCCESS	1233	310.023.000.000	721.045.526
20210905_105822_0f32	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	234	298.503.000.000	541.202.856
20210906_124815_85_2428	SUCCESS	1293	321.561.000.000	755.103.087
20210907_140917_71_1066	RULE	1316	107.721.000.000	0.000000
20210908_133813_49_240f	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	237	504.135.000.000	2.440.107.064
20210909_131908_0f15	SUCCESS	1277	301.581.000.000	697.103.769
20210910_124928_96_241d	SUCCESS	777	311.877.000.000	726.412.677
20210911_131819_100a	SUCCESS	284	307.215.000.000	712.992.056
20210912_124846_18_241e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	145	324.108.000.000	685.597.361
20210913_140937_73_105e	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1793	294.894.000.000	522.611.547
20210914_134027_45_240c	SUCCESS	620	312.273.000.000	727.564.226
20210915_130052_42_2264	SUCCESS	1479	314.055.000.000	732.768.831
20210916_125109_16_2460	SUCCESS	908	306.225.000.000	710.174.191

20210917_132011_0f22	SUCCESS	606	310.140.000.000	721.383.055
20210918_132112_0f4e	SUCCESS	1245	304.119.000.000	704.216.811
20210919_125121_27_242a	SUCCESS	992	305.073.000.000	706.909.236
20210920_124833_60_2447	SUCCESS	556	305.937.000.000	709.356.541
20210921_124928_98_2449	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1512	314.802.000.000	630.536.620
20210922_134204_75_2413	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1210	290.178.000.000	498.952.181
20210924_135520_68_1067	RULE	1531	0.000000	0.000000
20210925_135546_33_1063	RULE	1330	68.652.000.000	0.000000
20210928_130136_55_2233	SUCCESS	1610	301.482.000.000	696.827.770
20210929_133949_94_227c	SUCCESS	491	301.536.000.000	696.978.301
20210930_124731_50_2420	RULE	50	72.288.000.000	0.000000
20211001_133638_12_2403	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	144	293.301.000.000	514.539.749
20211002_124841_06_2421	SUCCESS	280	296.154.000.000	682.134.109
20211003_134009_26_240c	SUCCESS	652	301.680.000.000	697.379.876
20211005_125018_11_2451	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	624	274.230.000.000	424.141.698
20211006_131617_1025	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1020	294.966.000.000	522.978.311
20211008_132118_0f15	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1599	265.338.000.000	385.809.114
20211009_132609_1026	RULE	1389	1.073.367.000.000	0.000000
20211010_131744_1039	SUCCESS	940	301.851.000.000	697.857.047
20211012_133601_48_2419	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	945	276.147.000.000	432.718.004
20211014_131602_1011	RULE	852	598.500.000.000	0.000009
20211019_133613_19_227a	RULE	1304	2.988.000.000	0.000000
20211020_124600_96_2460	RULE	1765	0.000000	0.000000
20211021_125907_96_225a	SUCCESS	409	304.992.000.000	706.680.235
20211023_124846_32_2435	RULE	739	5.067.000.000	0.000000
20211024_133914_06_2402	RULE	1755	25.164.000.000	0.000000
20211025_131544_1035	RULE	1502	43.524.000.000	0.000000
20211026_133003_1026	RULE	785	804.555.000.000	0.000024
20211028_124738_35_242b	SUCCESS	979	323.712.000.000	761.628.024
20211029_105151_1049	SUCCESS	608	326.889.000.000	702.638.853
20211030_133717_16_2424	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1811	160.263.000.000	90.600.243
20211031_124840_99_2453	RULE	1367	31.032.000.000	0.000000
20211102_135311_71_1067	RULE	65	0.000000	0.000000
20211106_132140_44_105c	RULE	718	0.000000	0.000000
20211109_104853_0f21	RULE	171	11.826.000.000	0.000000
20211111_131536_1005	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1271	331.794.000.000	733.364.511
20211113_125347_76_2223	RULE	1211	94.527.000.000	0.000000
20211117_133343_39_227a	SUCCESS	873	379.071.000.000	950.410.768
20211119_132614_1026	RULE	659	2.799.000.000	0.000000
20211120_104650_1054	RULE	383	863.541.000.000	0.000029
20211121_130155_23_2262	SUCCESS	208	402.345.000.000	1.043.139.587
20211122_141326_74_1058	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1667	385.443.000.000	1.128.167.852
20211124_131446_1010	SUCCESS	511	402.507.000.000	1.043.815.761
20211125_125003_86_2439	RULE	1754	4.446.000.000	0.000000
20211128_133450_23_2403	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	389	349.749.000.000	853.282.818
20211130_124528_62_2445	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1077	366.867.000.000	978.877.853
20211206_133516_51_240a	SUCCESS	236	468.747.000.000	1.979.593.281
20211217_131511_1039	SUCCESS	892	444.384.000.000	1.234.160.522
20211218_124448_28_2459	RULE	1219	1.070.775.000.000	0.000000
20211228_124611_07_242a	RULE	1100	17.514.000.000	0.000000
20211230_141647_18_105a	DISCARDED_IMAGE_MANUALLY	1583	380.232.000.000	1.084.890.348