



Unidade de Monitoramento, Medição, Reporte e Verificação para REDD+

Passo a Passo para o Levantamento e Estimativa de Emissões do Sector de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas

Dados de actividade para actividades elegíveis de REDD+

O processo de Levantamento de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas é descrito em seis etapas, contendo imagens ilustrativas, tabelas e fórmulas para auxiliar o usuário.

• Versão: Março, 2023 •

Open Foris Collect Earth

Ferramenta para o Levantamento de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas

The screenshot displays the Open Foris Collect Earth software interface, which is used for land use, land-use change, and forestry (LULUCF) data collection. The interface is divided into several panels:

- Top Panel:** Shows a map of the study area with various data layers overlaid, including satellite imagery and land use maps.
- Left Panel (Elementos):** A list of land use elements with their corresponding percentage of coverage. Elements include Arvores (10.19%), Arbustos (20.29%), Matogais (Nao aplicavel), Gramineas (<10%), Solo Exposto (Nao aplicavel), Cultivo nao arboreo/arbustivo (50.99%), Cultivo arboreo/arbustivo (Nao aplicavel), Rio (Nao aplicavel), Lago (Nao aplicavel), and Infraestrutura (Nao aplicavel).
- Middle Panel (Use da terra, Categoria nacional):** A panel for selecting land use categories. It includes options for Cultivos, Pastagens, Areas abertas, Areas urbanas, and Outras Terras. It also has sections for selecting national categories and classes, with confidence levels (Sim/Não).
- Right Panel (Imagem de satélite):** A panel for selecting satellite imagery. It includes options for Sentinel-2 MSI 15 Days TOA Reflectance Composite and Sentinel-2 MSI 15 Days TOA Reflectance Composite. It also has a section for selecting the date of the image and a comment field.
- Bottom Panel (Lula Change):** A panel for selecting land use change categories. It includes options for C>C, F>C, P>C, A>C, D>C, and O>C. It also has sections for selecting national categories and classes, with confidence levels (Sim/Não).

At the bottom of the interface, there is a row of satellite imagery thumbnails with their respective dates and sources:

- Maxar Technologies (Google Earth Pro): 25/01/2019
- Bing Maps
- Sentinel-2 IRFC: 09/02/2019
- Sentinel-2 NDVI: 25/02/2019
- Planet Basemaps: 05/2019
- Sentinel-2 IRFC: 24/07/2019
- Sentinel-2 NDVI: 09/08/2019
- Planet Basemaps: 11/2019
- Sentinel-2 NDVI: 22/12/2019
- Sentinel-2 IRFC: 20/01/2020

Índice

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vii
1 APRESENTAÇÃO	1
2 MÉTODOS PARA O LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA, MUDANÇAS DO USO DA TERRA E FLORESTAS	2
2.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM	2
2.2 MÉTODO HÍBRIDO	3
3 ESTABELECIMENTO DO DESENHO AMOSTRAL	4
3.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM	4
3.2 MÉTODO HÍBRIDO	4
3.2.1 Produção do mapa anual de desmatamento	4
3.2.2 Amostragem	33
4 PROCESSO DE LEVAMENTO DE USO DA TERRA, MUDANÇAS DO USO DA TERRA E FLORESTAS	38
4.1 REQUISITOS	38
4.2 CRIAÇÃO DE CONTA GMAIL	39
4.3 REGISTO DA CONTA NA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE ...	39
4.4 INSTALAÇÃO DE <i>SOFTWARES</i>	40
4.5 CRIAÇÃO DO FICHEIRO COM LISTA DAS UNIDADES AMOSTRAIS	40
4.6 ACTUALIZAÇÃO DO <i>SCRIPT</i> DO PROJECTO DO FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTO DE LULUCF	41
4.7 LIMPEZA OU ARQUIVAMENTO DE BASE DE DADOS ANTERIORES ...	41
4.8 PRÉ-LEVANTAMENTO DE LULUCF	43
4.9 LEVANTAMENTO DE LULUCF	61
4.10 ANÁLISE DE COERÊNCIA DOS DADOS REGISTADOS	87
4.11 EXPORTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS DADOS	99

4.12	ENCERRAMENTO	101
4.13	CHECKLIST DO PROCESSO DE LEVANTAMENTO DE LULUCF.....	102
4.14	TREINAMENTO E CALIBRAÇÃO	103
4.15	DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS	104
4.16	GESTÃO DE QUALIDADE	104
4.16.1	Controle de qualidade.....	107
4.16.2	Garantia de Qualidade	109
5	ANÁLISE DE DADOS	114
5.1	ESTIMATIVA DE ÁREA E INCERTEZAS.....	114
5.1.1	Método de Amostragem	114
5.1.2	Método Híbrido.....	115
5.2	TAXA ANUAL DE DESMATAMENTO.....	120
5.3	ESTIMATIVA DE EMISSÕES POR DESMATAMENTO E SUAS INCERTEZAS.....	120
5.4	ESTIMATIVA DA REDUÇÃO DE EMISSÕES POR DESMATAMENTO E SUAS INCERTEZAS	124
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma para o mapeamento anual do desmatamento.....	6
Figura 2 Selecção de imagens na secção "Training Data Generation" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.....	9
Figura 3 Imagens de referência usadas para a colecta de amostras de treinamento, que delineiam os locais de floresta estável, não-floresta estável e desmatamento.....	12
Figura 4 Exemplo de amostras de treinamento em algures da província da Zambézia, delineando locais de floresta estável (verde), não-floresta estável (laranja) e desmatamento (vermelho).....	13
Figura 5 Secção "Training Data Generation" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.	14
Figura 6 Colecta de amostras de treinamento	15
Figura 7 Secção "Feature generation" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.	17
Figura 8 Exemplo de um mapa classificado em algures da província da Zambézia, mostrando floresta estável (verde), não-floresta estável (amarelo) e desmatamento (vermelho).	19
Figura 9 Exemplo de um mapa de probabilidade de desmatamento em algures da província da Zambézia, mostrando áreas de alta probabilidade de desmatamento em cores mais escuras..	19
Figura 10 Secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.	21
Figura 11 Pós-processamento na secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.	24
Figura 12 Exemplo do resultado do mapa classificado pós-processado, mostrando floresta estável (verde), não-floresta estável (amarelo claro) e as três classes de desmatamento (alta probabilidade de desmatamento a vermelho, zona de influência ou buffer a laranja e baixa probabilidade de desmatamento a amarelo).....	25
Figura 13 Alguns factores nas imagens de satélite que podem influenciar na qualidade da amostra.....	27
Figura 14 Controle de qualidade de amostras de treinamento: Exemplo 1 (classe de floresta estável a verde e classe de não-floresta estável a laranja)	28

Figura 15 Controle de qualidade de amostras de treinamento: Exemplo 2 (classe de floresta estável a verde e classe de não-floresta estável a laranja)	28
Figura 16 Controle de qualidade de amostras de treinamento: Exemplo 3	28
Figura 17 Exemplo de “valores de importância” das variáveis de entrada no classificador Random Forest, mostrando a contribuição relativa dos atributos ou descritores da imagem para as predições do classificador.....	30
Figura 18 Estimativas de incerteza exibidas durante o treino do classificador na secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.	31
Figura 19 Secção "Stratified Sampling" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine, para a condução da amostragem da aleatória estratificada do mapa anual do desmatamento.	35
Figura 20 Organização dos cabeçalhos das colunas do ficheiro “.csv” com a lista das UAs..	40
Figura 21 Organização do ficheiro do projecto do formulário de levantamento de LULUCF	41
Figura 22 Acesso à pasta “CollectEarth”	42
Figura 23 Acesso à pasta “CollectEarth” pelo browser da janela do File Explorer	42
Figura 24 Ficheiros da pasta “CollectEarth”	42
Figura 25 Arquivando os ficheiros da pasta “CollectEarth”	43
Figura 26 Relógio do tempo do GEP	43
Figura 27 Barra de linha do tempo do GEP	43
Figura 28 Detalhes da imagem no GEP	44
Figura 29 Iniciar a sessão no GEP	44
Figura 30 Configuração da navegação no GEP	44
Figura 31 Configuração das unidades de medida do GEP.....	45
Figura 32 Camadas do GEP	46
Figura 33 Actualizar o operador no CE	46
Figura 34 Acessando o Menu Propriedades.....	47
Figura 35 Localização do directório do ficheiro “.csv”	47
Figura 36 Caixa de notificação sobre os requisitos das colunas do ficheiro “.csv”	48
Figura 37 Ficheiro “.csv” carregado	49
Figura 38 As UAs listadas no GEP	50
Figura 39 Parcela da UA.....	50
Figura 40 Formulário de levantamento de LULUCF aberto	51

Figura 41 Bing Maps, Google Earth Engine Explorer e Google Earth Engine Code Editor, Planet (da esquerda superior para a direita inferior).....	51
Figura 42 Painel descritivo do período de aquisição de uma imagem na plataforma Bing Maps	52
Figura 43 Funcionalidade de busca e acesso de imagens de satélite e produtos geoespaciais	52
Figura 44 Exemplo de busca e acesso de uma imagem de satélite	53
Figura 45 Listagem de imagens de satélite no Google Earth Engine Explorer	53
Figura 46 Janela de configuração de imagens do Google Earth Engine Explorer.....	54
Figura 47 Controle de linha do tempo	55
Figura 48 Visão geral do Google Earth Engine Code Editor.....	56
Figura 49 Ferramenta “Layer manager” do Google Earth Engine Code Editor	56
Figura 50 Lista das imagens na ferramenta “Layer manager” do Google Earth Engine Code Editor.....	57
Figura 51 Calendário de filtragem de imagens mensais de Sentinel-2 no Google Earth Engine Code Editor	57
Figura 52 Configuração do conteúdo do script.....	58
Figura 53 Painel “Console” do Google Earth Engine Code Editor	58
Figura 54 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para floresta sempre-verde.....	58
Figura 55 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para floresta decídua.....	59
Figura 56 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para corpo de água.....	59
Figura 57 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para solo exposto	59
Figura 58 Visualização simultânea da parcela da UA no GEP, Bing Maps, Google Earth Engine Explorer e Code Editor	60
Figura 59 Visão geral da parcela da UA.....	61
Figura 60 Visão geral da aba “Elementos” da janela do formulário de levantamento do LULUCF.....	62
Figura 61 Árvore decisão para a classificação de UCT	63
Figura 62 Visão geral da aba “Uso da terra actual” da janela do formulário de levantamento do LULUCF	64
Figura 63 Visão geral da aba “RS info (actual)” da janela do formulário de levantamento do LULUCF.....	78
Figura 64 Classes de mudança ou manutenção do UCT.....	80
Figura 65 Registo da classe de UCT convertida e suas respectivas subclasses.....	81
Figura 66 Registo da ocorrência de degradação florestal	82

Figura 67 Registo de degradação florestal.....	83
Figura 68 Visão geral da aba “RS info (antiga)” da janela do formulário de levantamento do LULUCF	84
Figura 69 Mensagem de confirmação de que os dados registados da UA estão salvos	84
Figura 70 UA como dados registados e salvos	85
Figura 71 Iniciar a Análise SAIKU no CE	87
Figura 72 Iniciando Saiku no CE.....	87
Figura 73 Preparing Saiku data for analysis no CE	88
Figura 74 Calculating expansion factors no CE	88
Figura 75 Janela “Tomcat”	88
Figura 76 Janela “Saiku for Collect Earth”.....	89
Figura 77 Selecção da fonte de dados, Collect Earth Plot.....	89
Figura 78 Painel “Dimensions” da janela “Saiku for Collect Earth”.....	90
Figura 79 Selecção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação de salvagem dos dados registados na UA	91
Figura 80 Tabela pivô para a confirmação de salvagem dos dados registados na UA	91
Figura 81 Selecção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classificação do UCT da UA.....	92
Figura 82 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classificação do UCT da UA	92
Figura 83 Selecção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação do ano das imagens registadas	93
Figura 84 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação do ano das imagens registadas	93
Figura 85 Selecção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de transição ou manutenção do UCT da UA.....	94
Figura 86 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de transição ou manutenção do UCT da UA.....	94
Figura 87 Selecção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de cobertura de copa da floresta.....	95
Figura 88 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de cobertura de copa da floresta.....	95
Figura 89 Selecção do elemento “árvores” no campo “Elemento” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta.....	96

Figura 90 Confirmação da filtragem no campo “Elemento” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta	96
Figura 91 Selecção de elementos do campo “Subclasse nacional” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta.....	97
Figura 92 Confirmação da filtragem no campo “Subclasse nacional” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta.....	97
Figura 93 Selecção do campo “id” para identificação da UA	98
Figura 94 Posição do campo “id” na tabela pivô	98
Figura 95 Exportar dados para o formato “.csv” no CE	99
Figura 96 Personalização do nome e salvagem da base de dados no formato “.csv”	100
Figura 97 Exportar dados para o formato “.xml” no CE	100
Figura 98 Personalização do nome e salvagem da base de dados no formato “.xml”	101
Figura 99 Fluxograma do processo de gestão de qualidade	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Definições das classes das amostras de treinamento.	10
Tabela 2 Classes do mapa pós-processado para uso na estimativa de área estratificada.....	25
Tabela 3 Classes do mapa anual do desmatamento	34
Tabela 4 Interpretação das (sub)classes de UCT	65
Tabela 5 Estrutura da tabela da planilha de controle de produtividade	86
Tabela 6 Checklist do processo de levantamento de LULUCF	102
Tabela 7 Tabela de contingência.....	112
Tabela 8 Interpretação dos valores de Kappa	113
Tabela 9 Matriz de erro de contagens de unidades amostrais.....	116
Tabela 10 Matriz de erro de proporções de área.....	117
Tabela 12 Biomassa Acima do Solo (AGB) e Biomassa Abaixo do Solo (BGB) antes da conversão da floresta por estrato florestal	120
Tabela 13 Biomassa Acima do Solo (AGB) e Biomassa Abaixo do Solo (BGB) presentes em áreas agrícolas e pradaria após a conversão da floresta.....	121
Tabela 14 Emissões anuais de REDD+ em toneladas de dióxido de carbono equivalente ...	124

1 APRESENTAÇÃO

Este “passo a passo” tem por objetivo auxiliar o usuário no processo de levantamento de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e a contabilização das suas emissões, especialmente, os dados de actividade referentes as actividades elegíveis de REDD+, usando a ferramenta *Open Foris Collect Earth*. Além disso, garantir que este processo seja executado de uma forma objectiva (definição do foco e gestão de tempo), eficiente (garantia que todos os passos deste processo sejam realizados sem que o usuário confie em sua memória) e padronizada (uniformização do procedimento de colecta de dados por todos os envolvidos, permitindo obter dados confiáveis e a qualidade dos mesmos avaliada, e a determinação da eficiência do processo).

O *Open Foris Collect Earth* é uma ferramenta de levantamento de LULUCF, que funciona como um módulo de extensão do *Google Earth* (*Google Earth Engine Explorer*, *Google Earth Engine Code Editor*, *Bing Maps*, *Planet* e *Here WeGo*) disponível gratuitamente, que acessa e geosincroniza imagens de satélite de alta a média resolução a partir de múltiplos arquivos para facilitar a interpretação visual e colecta de dados baseada em pontos amostrais compatíveis e consistentes com as diretrizes e as orientações desenvolvidas pelo IPCC (2006, Volume 4, Capítulo 3) para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, bem como com as modalidades e exigências impostas pela UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), permitindo o seu uso para uma grande variedade de finalidades, nomeadamente, inventário florestal nacional (fornecimento de informações para a amostragem da floresta e estratificação da mesma por tipo de vegetação florestal), monitoramento e medição do LULUCF, validação de mapas de classificação de cobertura da terra existentes, recolha de dados socioeconómicos espacialmente explícitos e quantificação do desmatamento, reflorestamento e degradação florestal.

O processo de levantamento e estimativa de emissões do sector de LULUCF é descrito em cinco secções, contendo imagens ilustrativas, tabelas e fórmulas para tornar o presente “passo a passo” mais compreensível e preciso: i) selecção do método de levantamento de uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas; ii) estabelecimento do desenho de amostragem; iii) levantamento de uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas; iv) gestão de qualidade; e v) análise de dados.

2 MÉTODOS PARA O LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA, MUDANÇAS DO USO DA TERRA E FLORESTAS

Actualmente, a unidade de MRV tem dois métodos para o levantamento de uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas, e para a posterior geração de dados de actividade para as actividades de REDD+:

- 1) amostragem; e
- 2) híbrido (combinação do mapeamento completo de mudanças “*wall-to-wall*” com amostragem).

2.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

É um método que consiste em uma grelha de pontos (unidades amostrais fixas) distribuídos sistematicamente sobre a área de interesse e distanciados um do outro a uma certa distância (por exemplo, 4 km), na qual o usuário realiza a análise multitemporal de observações terrestres (interpretação visual de duas ou mais imagens de satélite de alta a média resolução) em cada unidade amostral para a monitoria dos dados de actividade ao longo do tempo.

Permite uma análise mais abrangente das actividades (florestamento, degradação florestal, pós-perturbação, desmatamento, regeneração, reflorestamento, etc.), avaliando e quantificando a área de mudança para cada categoria de uso da terra (florestas, cultivos, pradarias, áreas alagadas, assentamentos e outras terras) de forma gradual e contínua.

No entanto, o método não capta a informação sobre os eventos que ocorrem no intervalo de distância entre as unidades amostrais (por exemplo, registos de desmatamento não são captados pelas amostras). Por outro lado, não capta eventos raros em um curto período de tempo (por exemplo, eventos anuais de desmatamento, regeneração, etc.). Uma alta intensidade de amostragem é necessária para obter estimativas anuais precisas, que podem nem sempre ser de custo eficaz, principalmente, em áreas com grande extensão territorial.

Consequentemente, a Unidade de MRV opta na utilização deste método apenas para providenciar informação espacialmente explícita e representativa do rastreamento da conversão de terra entre as diferentes categorias de uso e cobertura da terra do IPCC ao longo do tempo, usando pontos fixos monitorados periodicamente, para posterior relato dos níveis de referência de emissões florestais e dos inventários nacionais de gases de efeito estufa do sector de Agricultura Florestas e Uso do solo (AFOLU), uma vez que a demanda de informação

e actualização destes documentos não é anual, mas, sim, de um longo período de tempo. Por outro lado, é necessária para manter a consistência com a orientação do IPCC.

2.2 MÉTODO HÍBRIDO

A utilização do método híbrido implica que a localização das unidades amostrais de interpretação visual seja obtida através de uma amostragem aleatória estratificada, que tem como base um mapa de mudanças que apresenta as classes de interesse (por exemplo, floresta estável, não-floresta estável, desmatamento, florestamento, etc.). Este método garante que os eventos raros (como o desmatamento) sejam, suficientemente, amostrados. Adicionalmente, a estratificação necessita de um tamanho amostral significativamente menor (no mínimo, 50 – 100 amostras por classe) para atingir um nível de precisão estatístico satisfatório ou similar a outro método.

No entanto, se o mapeamento não considerar todas as classes de conversão de terra entre as diferentes categorias de uso e cobertura da terra do IPCC, algumas actividades podem ser omitidas nos estratos que ocupam grandes proporções de uma área de interesse, o que pode ter um profundo impacto sobre a precisão das suas estimativas anuais (por exemplo, dados sobre classes de conversão nas categorias de uso de terra não-florestal do IPCC). Adicionalmente, o método não permite que a amostra seja fixa e haja uma monitoria contínua das actividades (florestamento, desmatamento, regeneração, reflorestamento etc.) ao longo do tempo, excepto no período de tempo abrangido pelo mapeamento.

Diante do acima exposto, e dado que, actualmente, o método restringe-se na geração de dados de actividade por desmatamento, o mesmo é apenas utilizado para o reporte anual das emissões do dióxido de carbono decorrentes do desmatamento.

3 ESTABELECIMENTO DO DESENHO AMOSTRAL

3.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

O País estabeleceu uma grelha sistemática de 4 km x 4 km para a alocação de amostras referentes aos Inventários Florestais Nacionais, consistindo em 48 894 pontos amostrais. Esta grelha é usada para realizar o levantamento de uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas à escala nacional e subnacional (província, distrito, e programas e projectos de iniciativa de REDD+ em escala mínima distrital), porém a mesma pode ser adensada dependendo das necessidades (p.e., incerteza máxima admissível das estimativas) mediante o uso de *softwares* de análise geográfica (p.e., ArcGIS, QGIS, etc.).

Caso haja necessidade de gerar uma nova grelha com base em outros critérios, isso pode-se fazer automaticamente, acessando a plataforma do Google Earth Engine através do *link* “<https://code.earthengine.google.com/d1ada20a4a12d4a2dfd06bf226dd7c83>”.

3.2 MÉTODO HÍBRIDO

O processo de obtenção de amostras no método híbrido consiste em duas fases: i) produção do mapa anual de desmatamento através da classificação automática de imagens de satélite; e ii) estabelecimento de amostragem aleatória estratificada do mapa.

3.2.1 Produção do mapa anual de desmatamento

A abordagem metodológica aqui descrita é para a produção de mapas anuais de desmatamento, visando proporcionar estimativas anuais robustas da área desmatada à escala provincial em Moçambique. As estimativas contemplam todo o ano civil (Janeiro – Dezembro), pois há registo do pico da ocorrência do desmatamento no final da época seca (Setembro – Outubro) devido à abertura de campos agrícolas antes da produção agrícola na época chuvosa. Por outro lado, a ocorrência do desmatamento é mais reduzida na época chuvosa (Janeiro – Maio).

A abordagem de mapeamento é baseada em uma classificação supervisionada da comparação de um par de compósitos de imagens e métricas de séries temporais do satélite Sentinel-2 para dois períodos separados por um ano (“período de referência” e “período actual”). O mapa resultante é pós-processado para otimizar a amostragem aleatória estratificada para gerar estimativas de área desmatada. O método é implementado no Google Earth Engine, uma plataforma integrada de processamento e análise geoespacial baseada na nuvem para computação e visualização de grandes volumes de dados de satélite.

Conforme ilustrado na Figura 1, o fluxo de trabalho para o mapeamento anual do desmatamento pode ser resumido da seguinte forma:

- i. Produzir um par de compósitos de imagens do satélite Sentinel-2 para a área de monitoria, usando imagens da estação chuvosa (Janeiro – Maio) para cada um dos períodos, nomeadamente, referência e actual.
- ii. Colectar dados de treinamento através da interpretação visual, identificando três classes, nomeadamente, floresta estável, não-floresta estável e desmatamento. A interpretação é baseada na comparação do par de compósitos de imagens de satélite dos períodos de referência e actual. Além disso, uma imagem de mudança de NDVI entre os dois períodos é usada para direccionar o operador aos potenciais locais de possível ocorrência de mudança de cobertura florestal.
- iii. Produzir uma imagem do conjunto de atributos ou descritores a partir de imagens da estação chuvosa, que são usadas para identificar mudanças na cobertura florestal, incluindo compósitos de imagens, mudanças nos índices de vegetação (por exemplo, NDVI, EVI), o estado fenológico da floresta circundante e medidas de variação multitemporal do NDVI para destacar os locais de mudança na cobertura florestal.
- iv. Harmonizar os dados de treinamento com a imagem do conjunto de atributos ou descritores para calibrar um classificador *Random Forest*, usado para produzir o mapa de desmatamento.
- v. Pós-processar o mapa de desmatamento, criando várias classes de desmatamento através da aplicação de *buffer* e técnicas de filtragem espacial para captar o máximo possível de eventos de desmatamento em uma classe de desmatamento e, para minimizar os erros de omissão.

Este protocolo descreve cada uma dessas etapas de processamento em detalhes a seguir, porém esta abordagem de mapeamento vai melhorar-se e desenvolver-se com o tempo, dada a experiência e a disponibilidade de novos dados.

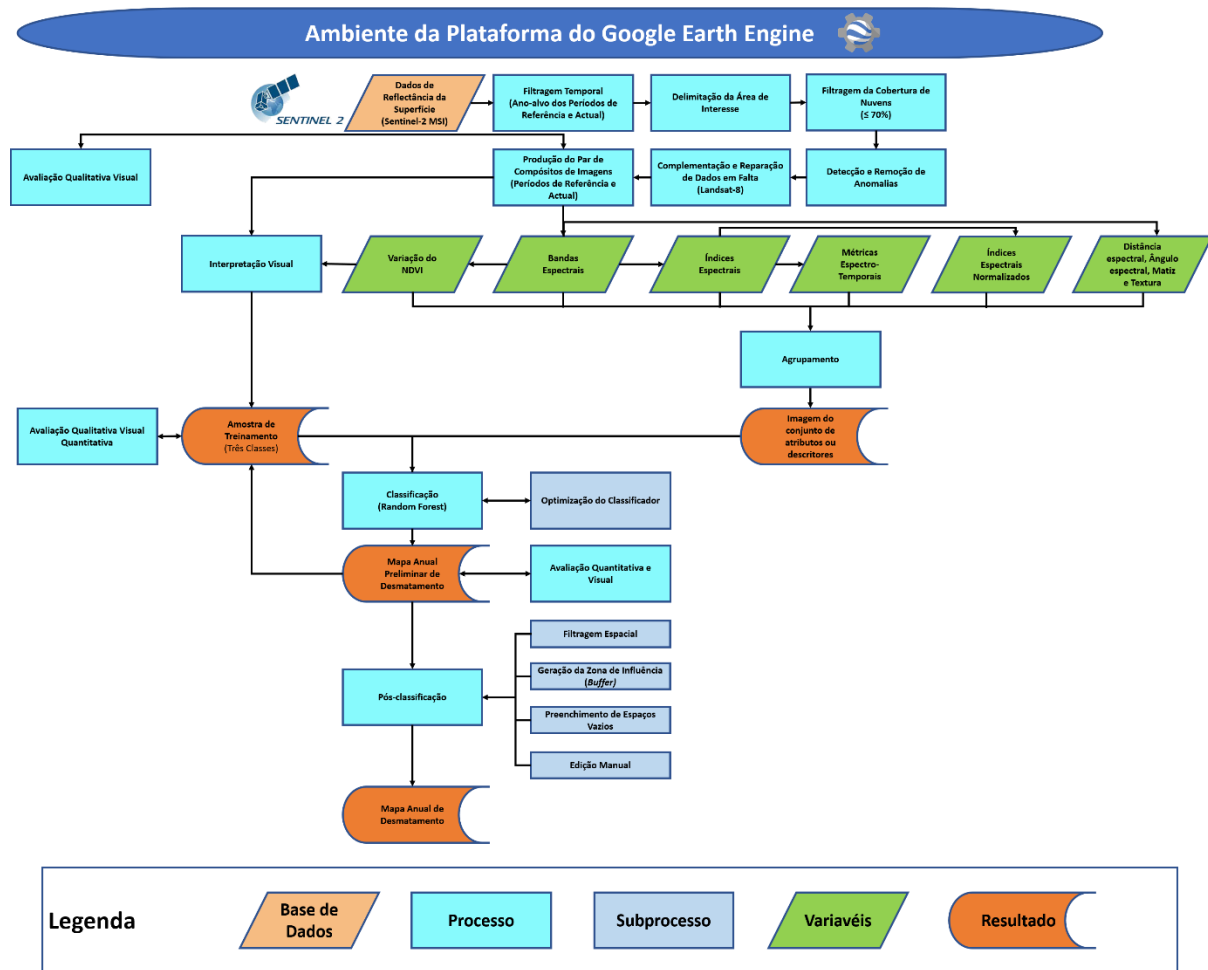


Figura 1 Fluxograma para o mapeamento anual do desmatamento.

3.2.1.1 Requisitos

- Sistema operativo e *hardware* do computador;
 - Windows 7, Windows 10 ou posterior
 - Processador de 2,5 GHz ou mais rápido
 - 4 ou mais gigabytes (GB) de RAM.
- Programas;
 - Google Chrome ou Mozilla Firefox
- Conexão à internet rápida e estável;
- Recursos Humanos;
 - Gestor de colecta de dados
 - Equipa de técnicos especializados e treinados em interpretação visual de imagens satélites e colecta de dados de treinamento, que são aqui referidos como operadores.
- Identificação da região ou área de interesse;
- Definições de Uso da Terra e Mudanças de Uso e Cobertura da Terra aplicáveis à área de interesse;
- O mapeamento não pode começar antes do 1º de Maio;
- Acesso à interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, alojado na plataforma do Google Earth Engine; e
- Dados auxiliares (ou seja, imagens de alta resolução, mapas históricos de Uso e Cobertura da Terra).

3.2.1.2 Aquisição e selecção de imagens de entrada

Seleção da imagem

As imagens são adquiridas no acervo histórico de imagens do satélite Sentinel-2 disponível na plataforma do Google Earth Engine. A aquisição contempla apenas imagens da estação chuvosa (período compreendido entre 1º de Janeiro e 1º de Maio) para cada um dos anos dos seguintes períodos:

- Período de “referência” – contempla o ano referente à ocorrência de mudanças da vegetação e para o qual as estimativas de desmatamento são geradas.
- Período “actual” – contempla o ano subsequente ao ano do “período de referência”, usado para comparar e validar as ocorrências de mudanças da vegetação no “período de referência”.

A escolha de imagens da época chuvosa deve-se ao facto desta época coincidir com um momento onde há um elevado contraste da cobertura da terra entre as áreas de floresta e não-floresta, devido à reflectância e o vigor das folhas das árvores.

No entanto, durante a época chuvosa, existe, obviamente, uma ocorrência de nuvens, o que resulta em muitas imagens sem informação. As imagens nubladas que provavelmente não contêm dados utilizáveis são removidas através da exclusão de imagens em que os metadados relatam uma alta cobertura de nuvens (> 70%).

Para que a monitoria seja possível, deve haver um mínimo de uma Observação da Terra sem nuvens para cada pixel na área de interesse a cada ano, o que em alguns casos pode exigir que o período de pesquisa seja estendido para o início da estação chuvosa (ou seja, Novembro – Dezembro) ou início da estação seca (ou seja, Maio – Junho), conforme necessário.

Onde imagens adicionais são necessárias, o operador deve estar ciente da dinâmica espacial, sazonal e separabilidade espectral da vegetação e, do desmatamento na área de interesse:

- Em imagens adquiridas na estação seca, o contraste entre as vegetações florestal e não-florestal é baixo em muitos tipos de vegetação (por exemplo, savana aberta), e mudanças bruscas na reflectância de incêndios frequentes podem ser confundidas com desmatamento.
- A prática da agricultura de pequena escala (por exemplo, agricultura itinerante) é a actividade mais comum associada às mudanças da cobertura florestal em Moçambique, devido as actividades de limpeza dos campos mais limitadas no fim da estação seca. A inclusão de imagens do fim da estação seca pode resultar em omissões e/ou comissões

na detecção dos eventos de mudança da cobertura florestal entre os períodos de monitoria.

Nos casos em que as imagens disponíveis ainda são insuficientes, as imagens do Sentinel-2 podem ser complementadas por imagens do satélite Landsat-8.

As imagens são processadas com a resolução espacial de 20 m.

A seleção das imagens é realizada na interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, especificamente, na secção "Training Data Generation", conforme ilustrado na Figura 2. Para a selecção de imagens, o operador deve:

- Executar o *script* fornecido na secção, clicando no botão "Run";
- Carregar o vector dos limites da área de interesse (AOI) no menu "Province";
- Definir os intervalos de datas a partir dos quais pretende-se adquirir as imagens para os períodos de "referência" e "actual" no menu "Change dates";
- Definir a cobertura máxima de nuvens para a inclusão das imagens de entrada no menu "Max cloud (%)";
- Seleccionar o nível de processamento desejado das imagens de Sentinel-2 no menu "Processing level"; e
- Seleccionar o método de produção dos compósitos de imagens no menu "Composite type".

Os compósitos de imagens são listados automaticamente na ferramenta *Layer Manager*.

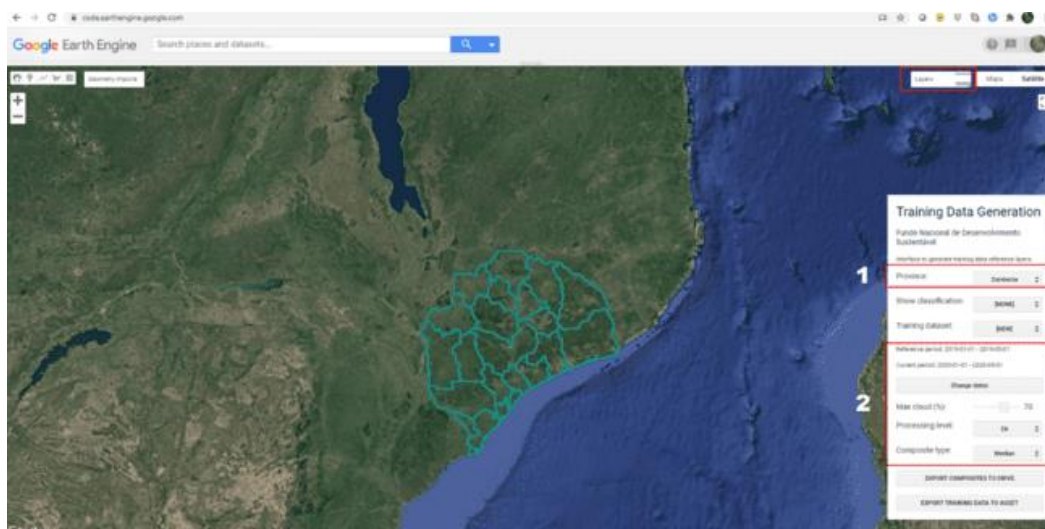


Figura 2 Selecção de imagens na secção "Training Data Generation" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

Pré-processamento de imagem

Tanto os produtos do satélite Sentinel-2 processados ao nível 1C (Reflectância de Topo de Atmosfera – TOA) como ao nível 2A (Reflectância da Superfície – BOA) podem ser usados, com preferência pelo nível 2A, quando disponível, dada sua consistência radiométrica e inclusão de máscara de nuvem aprimorada.

Os pixels afectados pelas nuvens e/ou sombras são mascarados e eliminados em cada imagem, usando as bandas de controle de qualidade (QA) distribuídas com imagens do Sentinel-2 e uma máscara simples adicional baseada em um limiar para captar a cobertura de nuvem residual.

Em alguns casos, pode permanecer um pequeno número de pixels sem quaisquer Observações de Terra válidas. Este facto está associado a erros persistentes na máscara de nuvem, onde a superfície da terra é brilhante em imagens sem nuvens (presença de areia ou solo nu), eles podem ser ignorados. Onde houver possibilidade de omissão do desmatamento devido à cobertura persistente de nuvens, imagens adicionais devem ser incluídas.

3.2.1.3 Colecta de amostras de treinamento

Para satisfazer o requisito de uma classificação de alta precisão em uma região com tipos de vegetação heterogênea sujeitos a variações inter e intra-anuais substanciais, uma classificação separada é realizada para cada área de interesse em cada ano, usando amostras de treinamento regionalmente específicas.

Definições de classe

O classificador da mudança de cobertura florestal é calibrado usando localizações de floresta estável, não-floresta estável e desmatamento (“amostras de treinamento”) identificadas pelo operador. As três classes das amostras de treinamento são definidas na Tabela 1. Para fins de classificação, a cobertura florestal é definida na escala de pixels, sem exigência de área mínima.

Tabela 1 Definições das classes das amostras de treinamento.

Classe	Código	Definição
Floresta estável	1	É a cobertura florestal no ano do “período de referência” que permanece como floresta no ano do “período actual”.
Desmatamento	2	É a cobertura florestal no ano do “período de referência” que, devido à mudança no uso da terra, não é mais considerada como floresta no ano do “período actual”.
Não-floresta estável	3	É a cobertura não-florestal no ano do “período de referência” que permanece como não-floresta no ano do “período actual”.

Imagens de referência

A colecta de amostras de treinamento é realizada *online* ou *offline*, usando um par de compósitos de imagens para os anos do “período de referência” e “período actual”. Estes compósitos podem ser gerados usando qualquer método aplicável para obter uma imagem livre de nuvens (compósito mediano, compósito de NDVI máximo, etc.), com o requisito de que as imagens que formam os compósitos são derivadas das mesmas imagens de entrada, que serão usadas na etapa da classificação.

Os operadores podem ser orientados por um mapa de mudança do NDVI, que destaca os potenciais locais de provável ocorrência do desmatamento. Este mapa de mudança do NDVI deriva da subtração do máximo valor de NDVI de cada pixel entre o “período actual” e “período de referência”. Os potenciais locais de provável ocorrência do desmatamento são detectados mediante o cumprimento das seguintes condições do máximo valor de NDVI do pixel observado:

- no “período de referência”, é maior ou igual a 0,6 (probabilidade de ser floresta);
- no “período actual”, é menor a 0,8 (probabilidade de ser não-floresta);
- na mudança de cobertura vegetal ou diferença do máximo valor de NDVI, é menor a -0,1 (probabilidade de desmatamento); e
- não sobrepõe as classes de não-floresta do mapa de cobertura florestal de 2016.

Resumidamente, o desmatamento é detectado onde o máximo valor de NDVI do pixel é maior que 0,6 no “período de referência”, e apresenta um decréscimo do valor de NDVI de pelo menos 0,1 e mantém um máximo valor de NDVI menor que 0,8 no “período actual”. Adicionalmente, o pixel não sobrepõe a classe de não-floresta no “período de referência”.

A escolha dos valores de NDVI de 0,6 e 0,8 ao invés de um único valor, é para obter uma estimativa mais conservadora do desmatamento. É sabido que o NDVI não está, perfeitamente, relacionado com cobertura florestal, portanto o limiar da floresta / não-floresta pode-se encontrar no intervalo entre 0,6 e 0,8.

Dados auxiliares, como mapas base de alta resolução (por exemplo, Google satellite, Bing maps, HERE WeGo, Planet labs) e mapas históricos de uso e cobertura da terra podem ser

usados como complementos da interpretação visual, tendo em conta que estas imagens podem não ser adquiridas no mesmo período de tempo das imagens do “período de referência”.

Um exemplo do uso das imagens de referências (“período de referência” e “período actual”) para a colecta de amostras de treinamento é ilustrado na Figura 3.

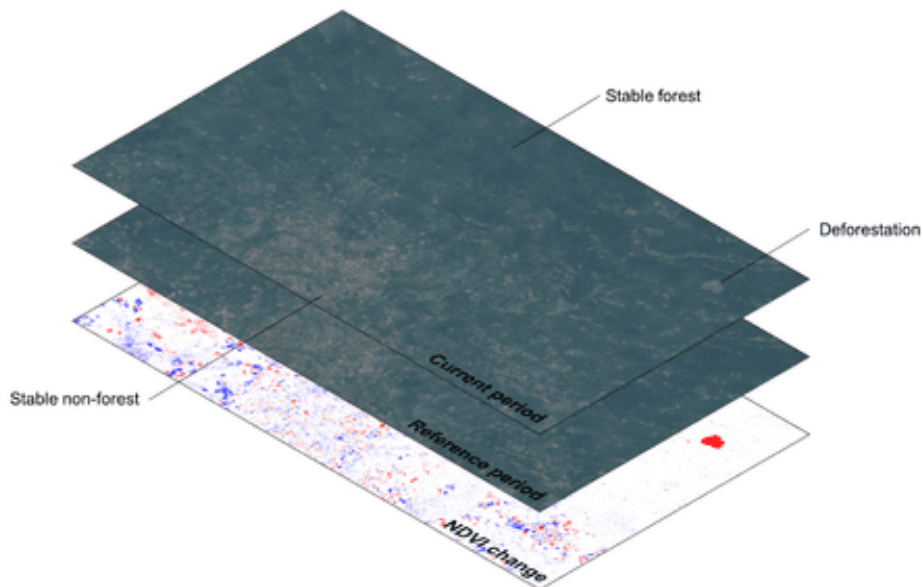


Figura 3 Imagens de referência usadas para a colecta de amostras de treinamento, que delineiam os locais de floresta estável, não-floresta estável e desmatamento.

Área das amostras de treinamento

As amostras de treinamento consistem em polígonos que delineiam cada uma das classes do mapa (floresta, não-floresta, desmatamento). Os polígonos são mais preferenciais que pontos devido a eficiência na colecta de amostras de treinamento.

Um conjunto padrão de amostras de treinamento deve consistir na ordem de 100 polígonos dispersos pela área de interesse para cada uma das três classes, com um total de aproximadamente 20.000 pixels divididos pelas três classes. Parte de um exemplo de conjunto de amostras de treinamento é ilustrado na Figura 4.

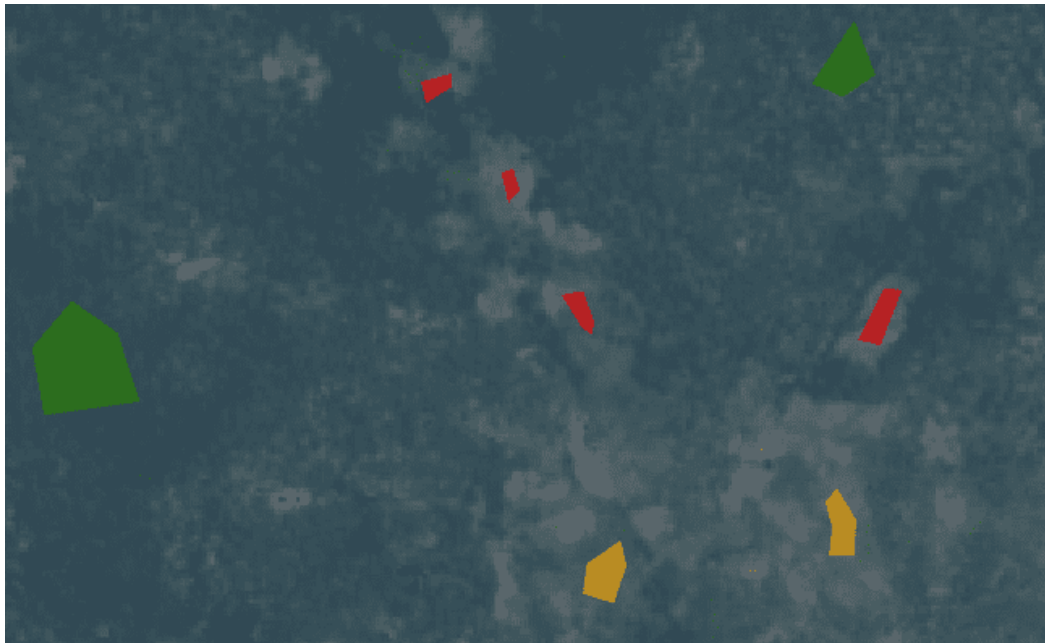


Figura 4 Exemplo de amostras de treinamento em algures da província da Zambézia, delineando locais de floresta estável (verde), não-floresta estável (laranja) e desmatamento (vermelho).

Por favor, veja o subcapítulo “[3.2.1.8 Gestão da qualidade](#)” para uma descrição detalhada de como as amostras de treinamento devem ser colectadas.

O conjunto das amostras de treinamento pode ser complementado posteriormente com amostras de treinamento adicionais, seguindo as classes iniciais, conforme necessário.

A colecta de amostras de treinamento é na interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, especificamente, na secção "Training Data Generation", conforme mostrado na Figura 5. Para realizar a colecta de amostras de treinamento, o operador deve:

- Executar o *script* fornecido na secção, clicando no botão "Run";
- Carregar o vector dos limites da área de interesse (AOI) no menu "Province";
- Fixar os intervalos das datas definidos na secção "[Aquisição e selecção de imagens de entrada](#)" no menu "Change dates";
- Fixar a cobertura máxima de nuvens definida na secção "[Aquisição e selecção de imagens de entrada](#)" no menu "Max cloud (%)";
- Seleccionar o nível de processamento das imagens de Sentinel-2 definido na secção "[Aquisição e selecção de imagens de entrada](#)" no menu "Processing level";
- Seleccionar o método de produção dos compósitos de imagens no menu "Composite type";

- Seleccionar um mapa previamente classificado para a área de interesse no menu "Show classification", se disponível para o intervalo de datas especificadas no menu "Change dates", e use para a identificação e correcção de erros de classificação automática através da adição de amostras em um anterior conjunto de amostras de treinamento para melhorar a qualidade do mapa;
- Criar um novo conjunto de amostras de treinamento ou editar/actualizar um conjunto de amostras de treinamento já existente para o respectivo intervalo de datas no menu "Training dataset"; e
- Clicar no botão “EXPORT COMPOSITES TO DRIVE” para guardar os compósitos de imagens e realizar a colecta de amostras de treinamento em modo *offline* somente se necessário.

A ferramenta *Layer Manager* lista automaticamente os compósitos de imagens (“período de referência” e “período actual”) e a imagem de mudança de NDVI entre os compósitos, permitindo o operador realizar a comparação entre os dois períodos, conforme mostrado em Figura 6.

A ferramenta *Geometry imports* lista automaticamente as classes das amostras de treinamento e contabiliza o número dos respectivos polígonos delineados na tela.

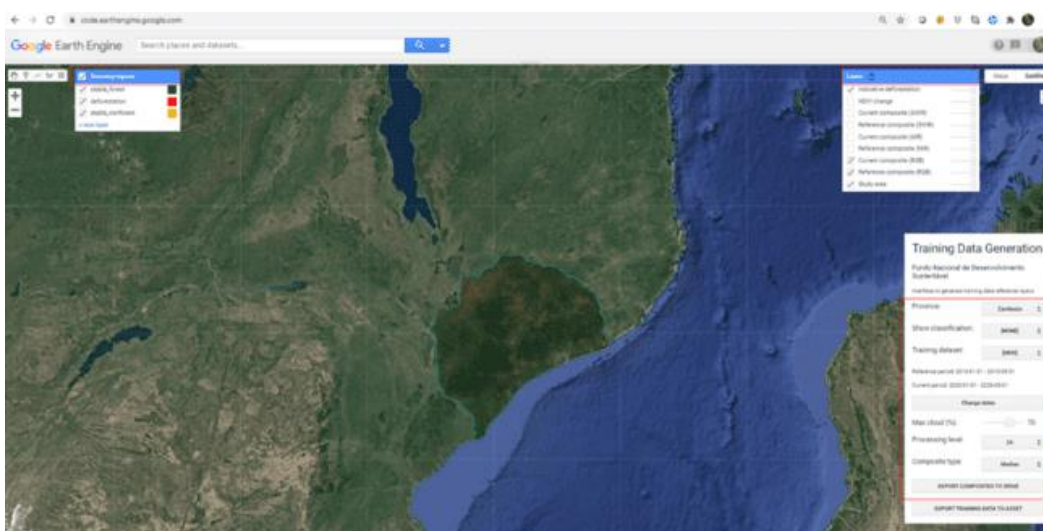


Figura 5 Secção "Training Data Generation" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

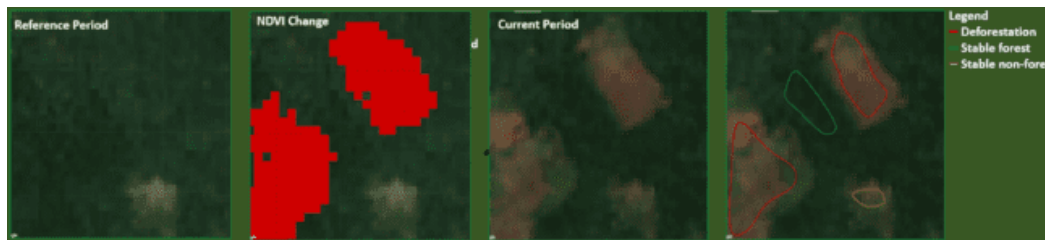


Figura 6 Colecta de amostras de treinamento

3.2.1.4 Geração do conjunto de atributos ou descritores da imagem

Geração de atributos ou descritores da imagem

Pilhas de imagens dos anos do “período de referência” e “período actual” são reduzidas a uma série de métricas espectro-temporais (ou atributos/descriptores da imagem) que, em conjunto, descrevem o estado e a variabilidade temporal da cobertura vegetal em cada ano e destacam as diferenças entre os anos. Os atributos ou descritores de entrada são formulados para serem robustos às variações inter-anuais na extensão e no momento da folhagem, a heterogeneidade das propriedades da cobertura florestal e a confusão com mudanças na vegetação associadas aos ciclos agrícolas.

Os atributos ou descritores disponíveis são:

- **Bandas do compósito de imagens** – As imagens do Sentinel-2 no “período de referência” e “período actual” são combinadas separadamente em compósitos de imagens sem nuvem. Os compósitos são baseados em uma mediana de pixels não mascarados. As bandas contempladas são 2, 3, 4, 8, 11 e 12.
- **Índices espectrais** – Uma série de índices espectrais são calculados para cada imagem de entrada: NDVI, EVI, SAVI, NBR, etc. Estes índices são resumidos em uma única estatística com base no 90º percentil de pixels não mascarados, um valor que: (i) normaliza os valores do índice para o pico da estação chuvosa e; (ii) remove a nuvem residual. A exceção é o índice NBR, onde a mediana é usada no lugar do 90º percentil, que frequentemente inclui nuvem residual.
- **Normalização espacial** – Uma barreira importante para a detecção confiável de mudanças na savana e na vegetação de florestal seca é a variação inter-anual na fenologia de árvores e gramíneas, o que complica a comparação entre dois períodos de tempo. Características adicionais para o NDVI e a mudança do NDVI são normalizadas usando a abordagem de Hamunyela *et al.* (2016), além de uma abordagem relacionada

com base em valores discrepantes negativos locais na mudança de NDVI usando *score-Z* (Escore Padronizado).

- **Métricas de séries temporais** – Mudanças graduais na superfície da terra não estão apenas associadas ao desmatamento, mas também a outras actividades de uso da terra, como a agricultura. A proporção de pixels acima de um limiar do NDVI (por exemplo, 0,6) e o coeficiente de variação de NDVI durante a estação chuvosa separa os ciclos agrícolas de curta duração de uma cobertura florestal mais estável.
- **Outros atributos ou descritores:** Uma série de mais atributos ou descritores experimentais estão disponíveis, incluindo a “distância espectral” e o “ângulo espectral” entre dois compósitos de imagens, a “textura da imagem” de um filtro de desvio padrão de NDVI em cada ano e o “matiz” de uma imagem como uma representação simplificada de sua cor.

A geração do conjunto de atributos ou descritores da imagem é realizada na interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, especificamente, na secção "Feature Generation", conforme mostrado na Figura 7. Para gerar a imagem do conjunto de atributos ou descritores, o operador deve:

- Executar o *script* fornecido na secção, clicando no botão "Run";
- Carregar o vector dos limites da área de interesse (AOI) no menu "Province";
- Fixar os intervalos das datas definidos na secção "[Aquisição e selecção de imagens de entrada](#)" no menu "Change dates";
- Fixar a cobertura máxima de nuvens definida na secção "[Aquisição e selecção de imagens de entrada](#)" no menu "Max cloud (%)";
- Seleccionar o nível de processamento das imagens de Sentinel-2 definido na secção "[Aquisição e selecção de imagens de entrada](#)" no menu "Processing level";
- Seleccionar os atributos ou descritores de entradas no menu "Feature set";
- Clicar no botão "Update" para exibir as imagens dos atributos ou descritores da seleccionados, que são listadas automaticamente na ferramenta *Layer Manager*; e
- Clicar no botão “EXPORT FEATURES TO ASSET” para guardar a imagem do conjunto de atributos ou descritores seleccionados.

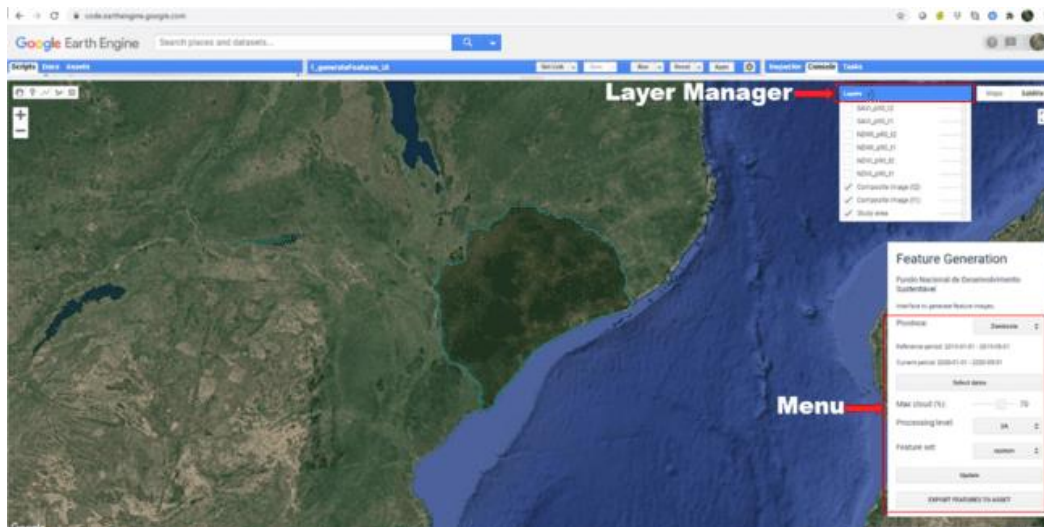


Figura 7 Secção "Feature generation" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

Seleção de atributos ou descritores

O modelo ideal para mapear o desmatamento deve incluir apenas o número mínimo de entradas, isso serve para dois propósitos: (i) otimização do desempenho do modelo, reduzindo o risco de sobreajuste e; (ii) redução de sobrecargas computacionais de processamento e armazenamento.

O operador deve seleccionar os atributos ou descritores com base em conhecimento de domínio de e na experiência anterior do que foi eficaz. A selecção de atributos ou descritores pode ser orientada pelos resultados estatísticos de qualidade do classificador, incluindo métricas de precisão e valores de importância (por favor, consulte o subcapítulo "[3.2.1.8 Gestão da qualidade](#)"). A inclusão ou remoção de atributos ou descritores provavelmente será um processo interactivo. O número de atributos ou descritores a serem incluídos não é prescrito neste protocolo, pois pode diferir entre anos e locais, mas como regra geral, deve ser o mínimo necessário, mantendo sempre um resultado de alta qualidade.

Observe que alguns atributos ou descritores de entrada serão fortemente correlacionados, e reter apenas uma das várias entradas correlacionadas pode melhorar o desempenho do classificador.

3.2.1.5 Classificação

Treinamento do classificador

A imagem do conjunto de atributos ou descritores é combinada com os polígonos das amostras de treinamento para treinar o classificador para mapear o desmatamento. O classificador padrão utilizado é o *Random Forest* (floresta aleatória), uma abordagem de aprendizado de máquina (*machine learning*) amplamente utilizada, devido às seguintes vantagens da sua aplicação na Teledeteccção (Breiman, 2001):

- Sua precisão é boa e às vezes melhor que o conjunto de outros métodos;
- É relativamente robusto para *outliers*, bem como para ruído nos dados;
- Facilidade de lidar com um grande número de variáveis de entrada e fornecer estimativas internas úteis de quais variáveis são importantes na classificação; e
- Sua complexidade computacional é mais rápida, mais leve e mais fácil em comparação com o conjunto de outros métodos.

Os pixels de treinamento do classificador são originados de pixels retirados de cada uma das classes das amostras de treinamento, nomeadamente, floresta estável, não-floresta estável e desmatamento. Uma amostra aleatória de 30% dos pixels de entrada é retida como um conjunto de amostras de validação (quase) independentes para testar a capacidade preditiva do classificador.

Optimização do classificador

O número de árvores usadas pelo classificador deve ser ajustado, aumentando o número de árvores até o ponto em que a precisão relatada não regista mais nenhum incremento com a adição de mais árvores. No entanto, o número padrão é 64 árvores.

O classificador pode ser melhorado ainda mais por meio da selecção personalizada de atributos ou descritores da imagem e adição de amostras de treinamento adicionais direccionadas os locais problemáticos. Por favor, veja o subcapítulo “[3.2.1.8 Gestão da qualidade](#)”.

Resultados

O classificador *Random Forest* pode produzir dois resultados, nomeadamente, um produto de predição categórica de 3 classes (Figura 8) e um produto de probabilidade contínua de um pixel pertencente à classe de desmatamento (Figura 9). A predição categórica é recomendada onde um mapa classificado é o resultado principal, enquanto o produto probabilístico é reservado para estimativa da área estratificada.

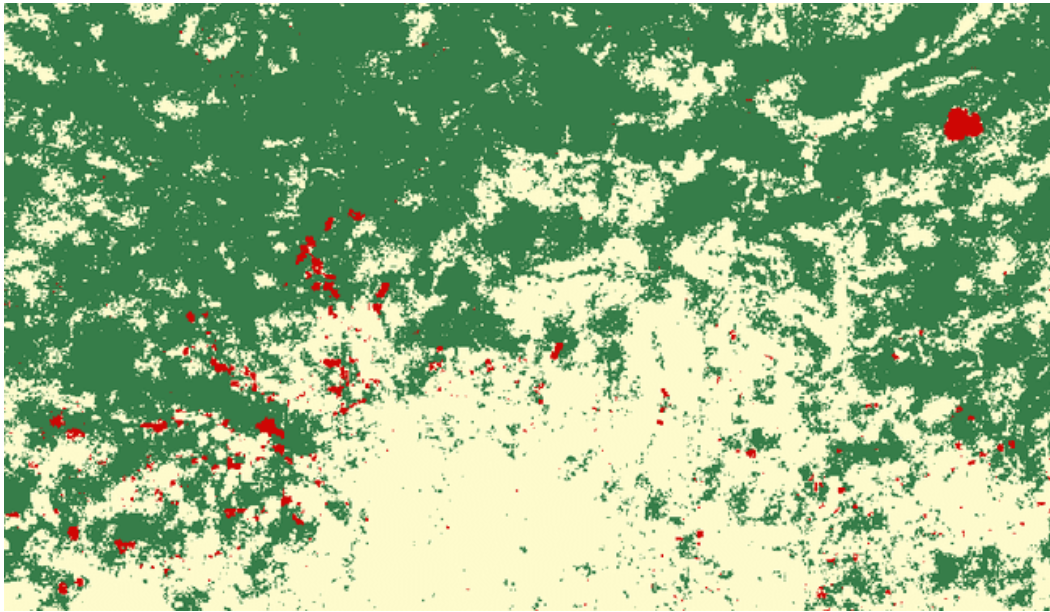


Figura 8 Exemplo de um mapa classificado em algumas da província da Zambézia, mostrando floresta estável (verde), não-floresta estável (amarelo) e desmatamento (vermelho).

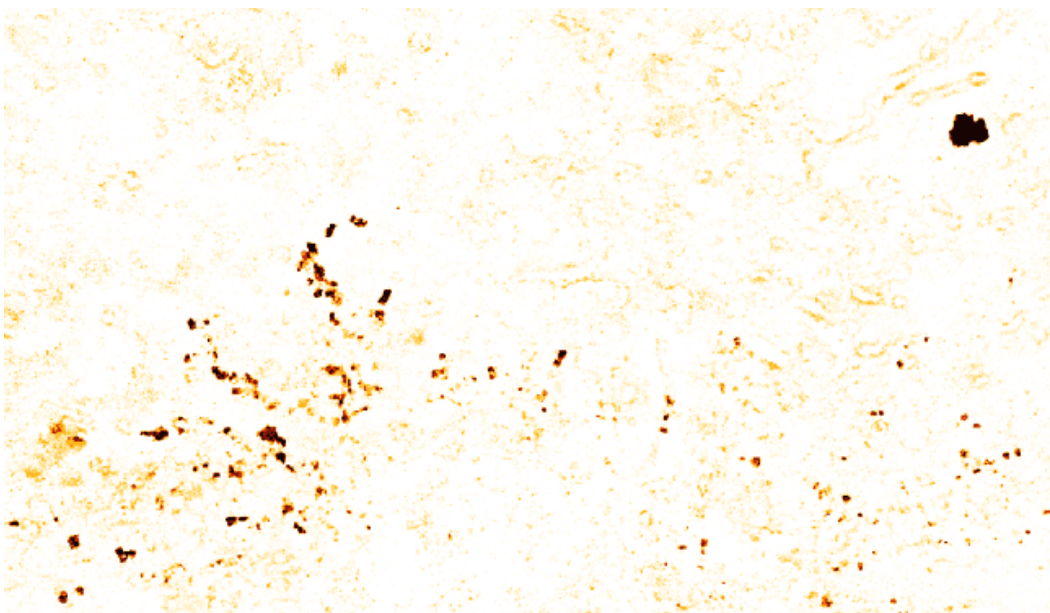


Figura 9 Exemplo de um mapa de probabilidade de desmatamento em algumas da província da Zambézia, mostrando áreas de alta probabilidade de desmatamento em cores mais escuras.

Onde o classificador é definido para produzir a probabilidade de desmatamento, o mapa é reduzido a uma classificação binária de desmatamento/estável usando um limite de probabilidade. Este limite assume um valor padrão de 70%, que pode ser modificado pelo operador. Limiares mais baixos resultarão em uma estimativa mais conservadoramente extensa da área desmatada, o que pode ser desejável para estimativa da área estratificada, onde erros de omissão na classe de desmatamento são uma preocupação. Este mapa é estendido para um mapa de três classes, substituindo os pixels de não desmatamento pelas classes do mapa de cobertura florestal de Moçambique de 2016.

O produto categórico é a escolha padrão para estimativa da área estratificada, mas pode ser alternado para um produto de probabilidade ajustado manualmente, no caso de erros de omissão serem um problema sério.

A produção de mapas é um processo iterativo, exigindo repetidas verificações das qualidades visual e quantitativa. Quando um mapa não é considerado para atender aos requisitos de qualidade, o mapa deve ser gerado novamente com mais amostras de treinamento, inclusão de um conjunto de atributos ou descritores mais aprimorados ou diferentes intervalos de data das imagens de entrada. Por favor, veja o subcapítulo “[3.2.1.8 Gestão da qualidade](#)” para mais detalhes.

A classificação é realizada na interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, especificamente, na secção seção "Classification", conforme mostrado na Figura 10. Para gerar uma imagem classificada, o operador deve:

- Executar o *script* fornecido na secção, clicando no botão "Run";
- Carregar o vector dos limites da área de interesse (AOI) no menu "Province";
- Carregar a imagem do conjunto de atributos ou descritores para a AOI no menu "Feature image";
- Clicar no menu "Set input features" para remover um atributo ou descritor de entrada da imagem ou personalizar o conjunto de atributos ou descritores, se necessário, desmarcando a caixa de selecção;
- Carregar o conjunto de amostras de treinamento para a respectiva imagem do conjunto de atributos ou descritores no menu "Training dataset";
- Seleccionar o algoritmo de classificação preferencial no menu "Classifier";
- Clicar no menu "Classifier options";
- Definir o número de árvores preferencial na opção "Number of trees";

- Clicar no botão "Update" para actualizar e habilitar as opções do classificador;
- Clicar no botão " RUN CLASSIFICATION" para exibir a imagem classificada; e
- Clicar no botão "EXPORT CLASSIFICATION TO ASSET" ou "EXPORT CLASSIFICATION TO DRIVE" para guardar a imagem classificada.

A ferramenta *Layer Manager* lista automaticamente a imagem classificada e seus respectivos compósitos de imagens.

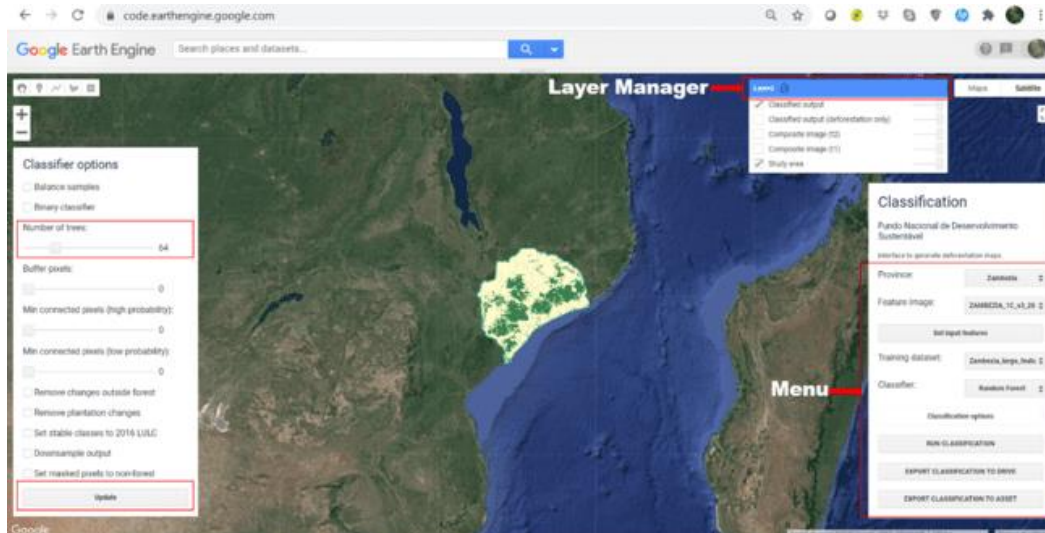


Figura 10 Secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

3.2.1.6 Pós-processamento

Uma série de alterações pós-classificação é realizada na imagem classificada para melhorar sua precisão e otimizar seu uso na estimativa da área estratificada.

Os erros de omissão são um problema particular para estimativa da área estratificada com classes de pequenas áreas (Olofsson *et al.* 2020). Embora a eliminação de erros de omissão não seja realista, sua incidência pode ser minimizada por meio de estratificação adicional do mapa. As etapas a seguir resultam em um mapa com múltiplas classes de probabilidade de desmatamento, devido a necessidade de eliminar erros de omissão do desmatamento.

Filtragem espacial

O desmatamento tende a ocorrer em áreas espacialmente contíguas, como a área de um novo campo agrícola ou local de produção de carvão de alta intensidade. Sendo assim, onde um grupo isolado de pixels de desmatamento compõe uma pequena área, é mais provável que isso represente um falso positivo e, mesmo se for uma mudança real, é menos provável que atenda aos critérios de monitoria do desmatamento (a percentagem de cobertura florestal remanescente em 1 ha é inferior a 30% após uma perturbação).

Esta propriedade é usada para auxiliar na estimativa da área estratificada, removendo ou diminuindo a probabilidade de pixels isolados. O isolamento do pixel é julgado pelo número de pixels conectados do desmatamento, assim sendo qualquer área de desmatamento com menos de 3 pixels (0,24 ha) é reclassificada como não-floresta, com 3 – 10 pixels (0,12 – 0,4 ha) é alocada para a classe de baixa probabilidade de desmatamento e, com mais de 10 pixels (0,4 ha) é atribuída para a classe de alta probabilidade de desmatamento.

Geração da zona de influência (*Buffer*)

Para a captação do desmatamento omitido, uma técnica comumente usada são as zonas de influência (*buffers*) em torno das áreas de desmatamento (Olofsson *et al.* 2020). A teoria do uso de zonas de influência é que eventos de desmatamento mal classificados, provavelmente ocorrerão nas proximidades de outro evento de desmatamento captado, porque: (i) a baixa precisão da geolocalização de imagens ou das amostras de treinamento pode levar a um deslocamento espacial entre os dois, que será captado por uma zona de influência, e (ii) o

desmatamento é um processo que se dispersa espacialmente, portanto, erros de omissão são altamente prováveis de ocorrer nas proximidades de outros eventos de desmatamento.

Uma área de influência (*buffer*) de 60 m em todas as direcções é aplicado em torno de todos os eventos de desmatamento. A área de influência é designada como uma classe separada do mapa, que substitui todas as classes do mapa que a sobrepõem, excepto as classes de desmatamento.

Preenchimento de espaços vazios

Em alguns casos, nenhuma Observação da Terra válida será incluída do Sentinel-2 durante a estação chuvosa. Na maioria dos casos, essas serão áreas pequenas, que têm sido classificadas erroneamente como cobertura de nuvens. Isso pode ocorrer em alguns tipos de cobertura do solo com a aplicação da máscara de nuvem para o satélite Sentinel-2, particularmente a areia (extremamente) clara ao longo da costa e dos rios.

Onde existem pequenos espaços vazios nas imagens, desde que a cobertura da área seja pequena e improvável que oculte eventos de desmatamento, estes espaços vazios são agrupados na classe não-florestal.

Edição manual

A reclassificação manual de falsos positivos claros na classe de desmatamento é incentivada, desde que haja boas evidências de que os falsos positivos não representam o desmatamento verdadeiro. Esta etapa deve ser realizada com antecedência e independentemente da estimativa da área estratificada.

As etapas descritas acima, excepto a última, são realizadas na secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, conforme mostrado na Figura 11. Para aplicar o pós-processamento, o operador deve:

- Clicar no menu "Classifier options" para ver as opções de pós-processamento;
- Fixar em 2 o número de pixels na opção "Buffer pixels";
- Fixar em 10 o número de pixels na opção "Min connected pixels (high probability)";
- Fixar em 6 o número de pixels na opção "Min connected pixels (low probability)";

- Marcar a caixa de selecção na opção "set masked pixels to non-forest";
- Clicar no botão "Update" para actualizar e habilitar as opções do classificador; e
- Clicar no botão "RUN CLASSIFICATION" para exibir a imagem pós-classificada.

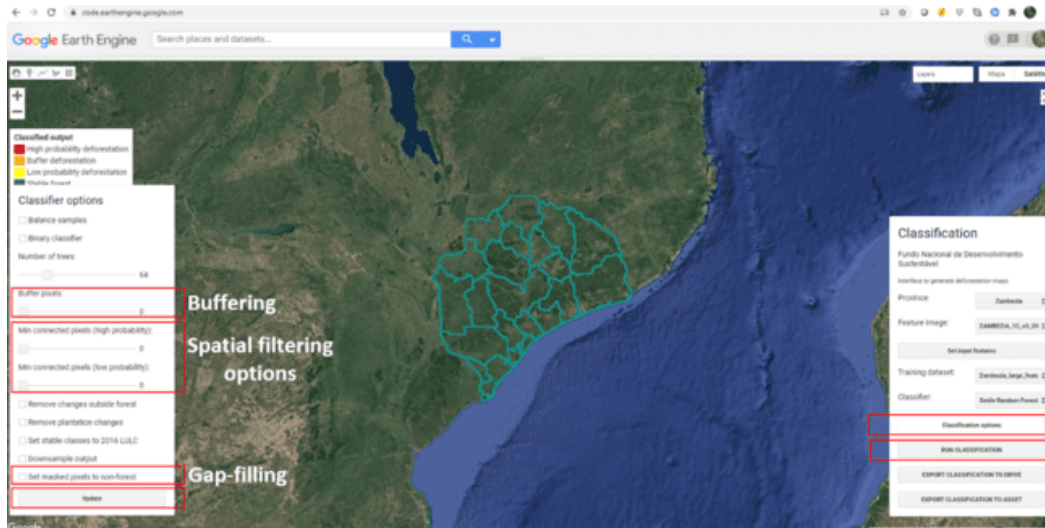


Figura 11 Pós-processamento na secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

3.2.1.7 Resultado

Mapa classificado

As etapas de (pós-)processamento descritas anteriormente, resultarão em uma imagem otimizada para estimativa de área estratificada (por favor, consulte o subcapítulo “[3.2.2](#)”). As classes da imagem classificada são mostradas na Tabela 2 e um exemplo do mapa classificado na Figura 12.

Tabela 2 Classes do mapa pós-processado para uso na estimativa de área estratificada.

Classes	Código
NoData	0
Alta probabilidade de desmatamento	1
Zona de influência (<i>Buffer</i>)	2
Baixa probabilidade de desmatamento	3
Floresta estável	4
Não-floresta estável	5

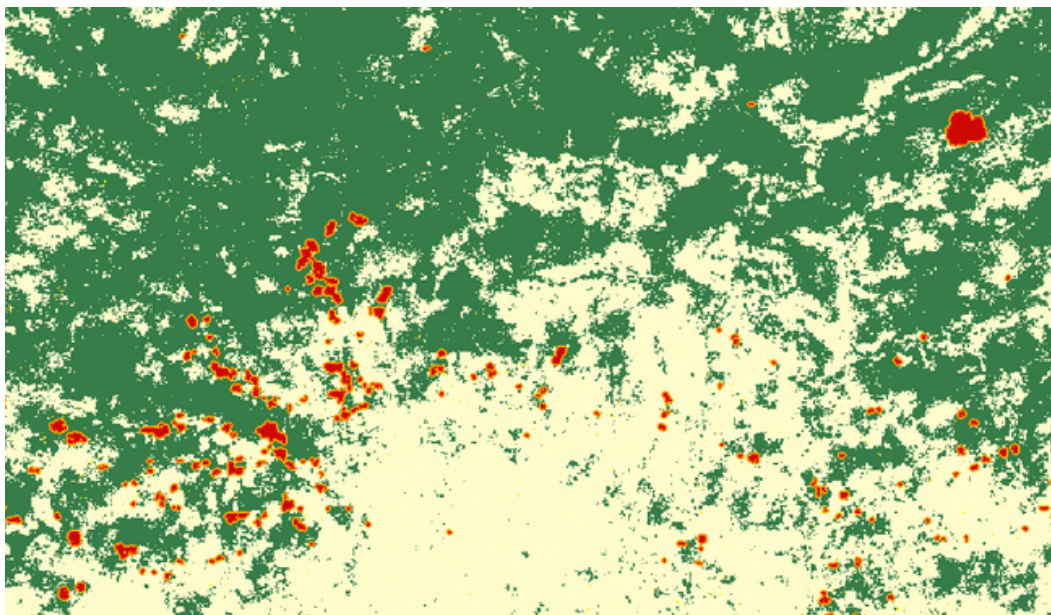


Figura 12 Exemplo do resultado do mapa classificado pós-processado, mostrando floresta estável (verde), não-floresta estável (amarelo claro) e as três classes de desmatamento (alta probabilidade de desmatamento a vermelho, zona de influência ou buffer a laranja e baixa probabilidade de desmatamento a amarelo).

3.2.1.8 Gestão da qualidade

3.2.1.8.1 Aquisição e selecção de imagens de entrada

Para que a monitoria seja eficaz, deve haver o mínimo possível da presença indesejável de interferências dos efeitos atmosféricos, como nevoeiros, nuvens (densas e esparsas), neblinas, sombras, etc. Os compósitos de imagens devem ser inspecionados manualmente para garantir a minimização das interferências indesejáveis, e a inclusão de imagens adicionais, onde necessário. As interferências dos efeitos atmosféricos são minimizadas pelo aumento ou diminuição da percentagem de cobertura de nuvens no menu "Max cloud (%)" da interface do usuário. As imagens adicionais são incluídas, estendendo o período de meses para o início da estação chuvosa (ou seja, Novembro – Dezembro) ou início da estação seca (ou seja, Maio – Junho) no menu "Change dates" da interface do usuário.

A produção do mapa nunca pode ocorrer antes do 1º de Maio, pois isso aumenta a probabilidade do mapa conter pixels sem informação (cobertos de nuvens) ou não ter a qualidade necessária para a detecção de mudanças. Uma baixa qualidade do mapa implica no aumento de esforço na colecta de dados de referência, ou a reelaboração do mapa (incluindo mais imagens) após um esforço adicional de colecta dos dados de referência que confirme a sua necessidade.

3.2.1.8.2 Colecta de amostras de treinamento

As amostras de treinamento devem ser representativas de todos os tipos de uso e cobertura da terra, e de transição/mudança da floresta para outros usos da terra. As amostras devem ser amplamente espalhadas por toda região da área de interesse, levando em consideração a variação da vegetação e sua dinâmica ao longo da paisagem.

Deve-se tomar cuidado para que os polígonos das amostras cubram apenas uma única classe. Isso pode, por exemplo, exigir apenas a delimitação do polígono na parte central de um evento de desmatamento.

Uma amostragem relativamente balanceada entre as classes é preferida. Assim sendo, é recomendado a delimitação de um polígono de floresta estável e um outro de não-floresta estável nas proximidades de cada polígono de desmatamento. Para garantir uma cobertura representativa das classes mais comuns, o tamanho dos polígonos nas classes estáveis de floresta e não-floresta deve ser comparável à escala do desmatamento (Figura 4). Dada a vasta variedade de tipos de uso e cobertura da terra abrangida pela classe estável não-florestal, polígonos adicionais podem ser considerados nesta classe.

Os locais com presença de dados (Observação da Terra) de baixa qualidade nos compósitos das imagens devem ser evitados durante a colecta de amostras de treinamento, pois é difícil fazer uma determinação clara sobre sua classe. Por exemplo, onde os pixels sinalizados como “sem dados”, “saturados”, “teor de humidade”, “elementos escuros/sombras”, “listras pretas”, e “nevoeiro/neblina/nuvem”, como ilustrado na Figura 13, obscurecem o elemento de interesse ou modificam a sua resposta espectral, conforme detectado pelo sensor.



Figura 13 Alguns factores nas imagens de satélite que podem influenciar na qualidade da amostra.

O gestor da colecta de dados realiza verificações no conjunto das amostras de treinamento, durante e após a colecta das amostras. As verificações de qualidade envolvem a confirmação de que:

- o polígono da amostra representa exactamente sua respectiva classe, conforme mostrado na Figura 14;



Figura 14 Controle de qualidade de amostras de treinamento: Exemplo 1 (classe de floresta estável a verde e classe de não-floresta estável a laranja)

- o polígono da amostra cobre exactamente uma única classe, conforme mostrado na Figura 15;



Figura 15 Controle de qualidade de amostras de treinamento: Exemplo 2 (classe de floresta estável a verde e classe de não-floresta estável a laranja)

- a amostra é/foi colectada mais para a parte central do elemento da classe (útil e indispensável para eventos de desmatamento), conforme mostrado na **Error! Reference source not found.**; e

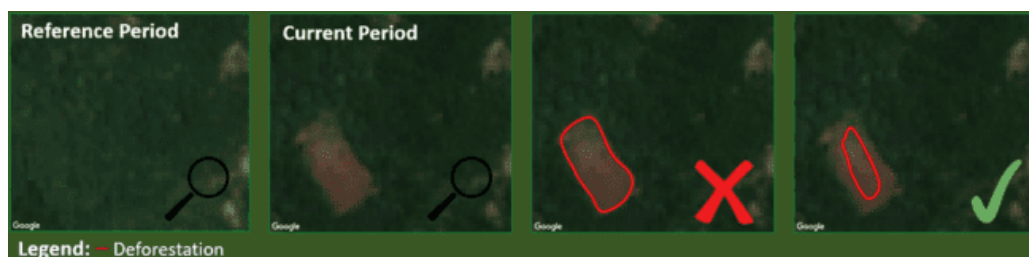


Figura 16 Controle de qualidade de amostras de treinamento: Exemplo 3

- cada classe contém pelo menos 100 polígonos de amostragem espalhados de forma representativa por toda região da área de interesse.

As amostras colectadas incorrectamente são discutidas directamente com o operador e corrigidas como um exercício de calibração contínua.

3.2.1.8.3 Classificação

Avaliação de qualidade

O fluxo do processo de mapeamento fornece ao operador medidas quantitativas e qualitativas da qualidade do mapa classificado. Dados os desafios associados à monitoria de pequenas áreas de desmatamento a serem medidas em escala de tempo anual, é importante que os mapas sejam de alta qualidade. Em particular, é necessário garantir que os erros de omissão na classe de desmatamento sejam raros, e não haja erros de comissão que exijam um alto esforço de amostragem para atingir uma estimativa bem forçada da área de desmatamento.

Avaliação quantitativa

O fluxo do processo de mapeamento fornece as seguintes estimativas de incerteza ao treinar o classificador:

- **Erro Out-of-bag** (*Out of bag error estimate*): Uma estimativa da (im)precisão global do classificador.
- **Avaliação de precisão com resubstituição** (*Re-substitution accuracy assessment*): Relata a precisão global e a precisão do usuário e do produtor da classe de desmatamento, comparando as predições com as amostras de treinamento do classificador. Estes números relatados devem ser vistos com cautela, pois mesmo um classificador fraco pode reproduzir seu conjunto de amostras de treinamento com exatidão.
- **Avaliação da precisão da validação** (*Validation accuracy assessment*): Relata a precisão global e a precisão do usuário e do produtor da classe de desmatamento, comparando as predições com amostras quase independentes retidas do classificador. Estes números relatados representarão melhor a validade externa do classificador.

As estatísticas mais relevantes são a precisão do Usuário (1 – erro de comissão) e do Produtor (1 – erro de omissão) descritas para a classe de desmatamento, usando amostras de validação independentes. Deve haver um foco particular em maximizar a precisão do produtor, a fim de reduzir a probabilidade de erros de omissão na classe de desmatamento, um factor de complicação para a estimativa de área estratificada (Olofsson *et al.* 2020)

A precisão relatada, realisticamente obtida, variará dependendo da área de interesse, porém a meta é de pelo menos 80% da precisão do usuário e do produtor relatada para a classe de

desmatamento. Como as estimativas de área derivam de dados de referência no lugar de contagens de pixels, é aceitável que a precisão relatada seja menor, no entanto o operador deve estar ciente de que menores precisões implicam o aumento da intensidade de amostragem necessária. Portanto, devem sempre ser realizados todos os esforços razoáveis para maximizar a qualidade do mapa.

O classificador *Random Forest* (floresta aleatória) relata “valores de importância”, que medem a influência relativa de cada uma das variáveis de entrada no classificador nas previsões. Estes valores podem ser usados para identificar quais atributos ou descritores da imagem podem ser removidos e retidos para melhorar o modelo de classificação (Figura 17)

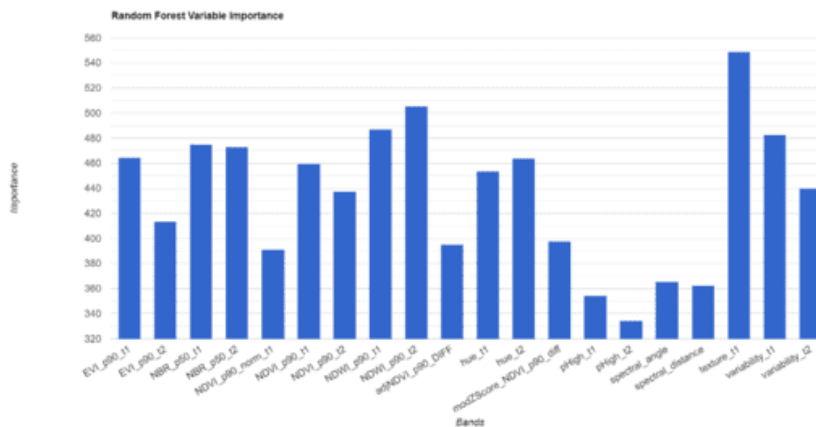


Figura 17 Exemplo de “valores de importância” das variáveis de entrada no classificador *Random Forest*, mostrando a contribuição relativa dos atributos ou descritores da imagem para as previsões do classificador.

As estimativas de incerteza descritas acima são exibidas na secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, especificamente na aba "Console", conforme mostrado na Figura 18. A aba "Console" exibe as estimativas após a execução do script fornecido na secção.

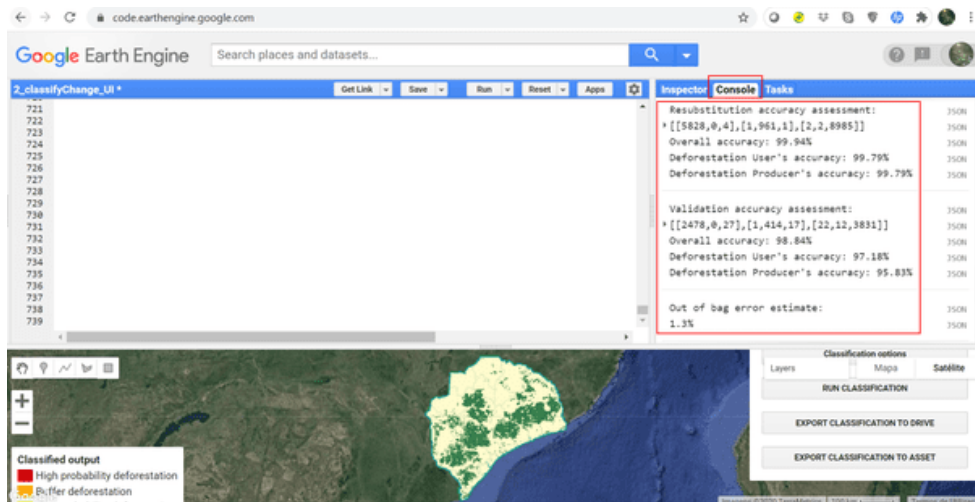


Figura 18 Estimativas de incerteza exibidas durante o treino do classificador na secção "Classification" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDs, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

Avaliação visual

Tão importante quanto as medidas quantitativas da qualidade do mapa é uma inspeção visual do mapa classificado. Isso pode ser realizado comparando o mapa classificado com as imagens de referência usadas para a colecta do conjunto de amostras de treinamento. Assim como nas medidas quantitativas, esta avaliação deve se concentrar na classe de desmatamento.

Dada a importância de reduzir os erros de omissão na classe de desmatamento, se houver algum indício forte de erros de omissão de desmatamento, o operador deve melhorar o mapa antes de seguir para a fases subsequentes.

3.2.1.8.4 Melhoramento do mapa classificado

O mapa classificado é partilhado e submetido ao gestor de colecta de dados para realizar a devida avaliação visual. Quando o mapa não atende aos critérios de qualidade estabelecidos (por exemplo, erros grosseiros de omissão e comissão facilmente percebidos e confirmados), o operador tem as seguintes opções disponíveis para melhorar a qualidade do mapa:

- **Ajuste de parâmetro** – Aumento do número de árvores usadas no classificador *Random Forest*.
- **Seleção de atributos ou descritores da imagem** (variáveis de entrada) – Adição ou remoção de atributos ou descritores da imagem pode melhorar o desempenho do modelo de classificação. Isso pode ser orientado pelo melhoramento das estatísticas de erro, da avaliação visual e dos valores de importância relatados pelo classificador.
- **Adição de mais amostras de treinamento** – A colecta de novas amostras deve estar focada em regiões e coberturas de terra onde a qualidade do mapa existente é péssima.
- **Edição manual** – A edição de erros do mapa classificado é encorajada, embora possa ser demorada. Por isso, é considerada em última instância. É importante que todas as edições sejam feitas separadamente e independentemente da amostragem dos dados de referência usados para a geração da estimativa da área estratificada (veja o subcapítulo “[3.2.2](#)”).

Estas opções de melhoramento devem ser realizadas antes e depois da avaliação visual realizada pelo gestor de colecta de dados.

3.2.1.8.5 Pós-estratificação

Em alguns casos, erros de omissão na classe de desmatamento podem ser descobertos após a finalização da produção do mapa. Isso pode ser por meio de avaliação visual futura ou após encontrar um erro de omissão durante a estimativa da área estratificada.

Nestes casos, o procedimento de mapeamento pode ser executado novamente com implementação de melhorias. Os novos pixels das três classes de desmatamento são combinadas em uma única classe (classe 6), dando origem a um novo estrato do mapa nos pixels de desmatamento que antes eram incluídos nas classes estáveis do mapa original.

Quando a pós-estratificação é motivada por um erro de omissão, é importante que as edições do mapa sejam realizadas independentemente da estimativa da área. Não é aceitável ajustar o

mapa até que o erro de omissão seja captado, portanto o método a ser empregado para melhorar o mapa classificado deve ser decidido antes da produção do mapa.

3.2.2 Amostragem

O método híbrido baseia-se na lógica de que a precisão da interpretação visual da mudança é muito mais precisa que da detecção automática de mudança (Dymond *et al.*, 2008). Adicionalmente, Leckie *et al.* (2002) recomendam que a interpretação visual seja usado como o principal método para determinar o desmatamento. Por estas razões, são estabelecidos estratos e realizada uma amostragem referenciada espacialmente (com base em probabilidades e geograficamente balanceada), baseando-se nas classes do mapa anual de desmatamento produzido pela classificação automática de imagens de satélite.

A amostragem providencia amostras para a interpretação visual e produção de dados de referência, usando a ferramenta *Collect Earth* que fornece uma sequência de imagens de satélite de alta e média resolução espacial (acervo histórico de imagens do *Google Earth* e *Bing Maps*, Planet, Sentinel-2 e Landsat) referentes ao período de interesse para cada amostra e permite que o intérprete compare as imagens, julgue e decida a ocorrência de mudança ou permanência da cobertura florestal.

3.2.2.1 Requisitos

- Identificação da região ou área de interesse.
- Definições de Uso da Terra e Mudanças de Uso e Cobertura da Terra aplicáveis à área de interesse.
- Produção do mapa anual de desmatamento.
- Representação espacialmente explícita (ou seja, imagens de satélite) da terra ou dados de campo referenciados geoespacialmente.
- Erro máximo admissível (d), dado como uma fracção de área, $E \in (0,1)$. Esta é a meia largura máxima do intervalo de confiança que pretende-se da estimativa.
- Nível de confiança para a estimativa de incertezas.

Acesso à interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine.

3.2.2.2 Desenho de amostragem e unidades amostrais

Unidades de amostragem

A unidade amostral está centrada em um pixel de 20 m. Todos os pixels são derivados do mapa anual de desmatamento e classificados como floresta estável, não-floresta estável ou uma das várias classes de probabilidade do desmatamento. As classes do mapa anual do desmatamento são as seguintes:

Tabela 3 Classes do mapa anual do desmatamento

Classe	Código
Alta probabilidade de desmatamento	1
Zona de influência (<i>Buffer</i>)	2
Baixa probabilidade de desmatamento	3
Floresta estável	4
Não-floresta estável	5
(Desmatamento pós-estratificado)	6

As classes 1 – 5 descritas na Tabela 3, sempre estarão presentes, enquanto a classe 6 é específica para o caso em que a pós-estratificação foi realizada para melhorar a qualidade do mapa devido à omissão de eventos de desmatamento. Por favor, veja o subcapítulo “[3.2.1](#)” para mais detalhes.

Desenho de amostragem

De acordo com Olofsson *et al.* (2014) e FAO (2016), a estratificação é recomendada para garantir uma representação suficiente das classes raras (por exemplo, que representam apenas uma pequena proporção da área de interesse – perdas de floresta) e melhorar a precisão da exactidão e estimativas da área, aumentando a densidade de amostragem nas classes de mudança. Por esse motivo, o desenho amostral é realizado com base na Amostragem Aleatória Estratificada, com os estratos retirados do mapa anual de desmatamento (Por favor, veja o subcapítulo “[3.2.1](#)”). Os pontos de amostra devem ser centralizados nos pixels do mapa e terem localizações únicas (ou seja, sem dupla contagem).

O desenho amostral é realizado na interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, especificamente na secção "Stratified Sampling", conforme mostrado na Figura 19. Esta secção foi projectada para aplicar um número fixo de amostras definidas pelo usuário para cada classe do mapa. Para gerar amostras, o operador deve:

- Executar o *script* fornecido na secção, clicando no botão "Run";
- Carregar o vector dos limites da área de interesse (AOI) no menu "Province";
- Carregar o mapa anual de desmatamento no menu "Classified image";
- Clicar no menu "Set input features" para remover um atributo ou descritor de entrada da imagem ou personalizar o conjunto de atributos ou descritores, se necessário, desmarcando a caixa de selecção;
- Execute o script fornecido pela secção;
- Definir o número desejado de amostras por classe no menu "Samples per class";
- Exibir as amostras, clicando no botão "DISPLAY"; e
- Exportar as amostras geradas no formato "CSV", clicando no botão "EXPORT POINTS TO DRIVE".

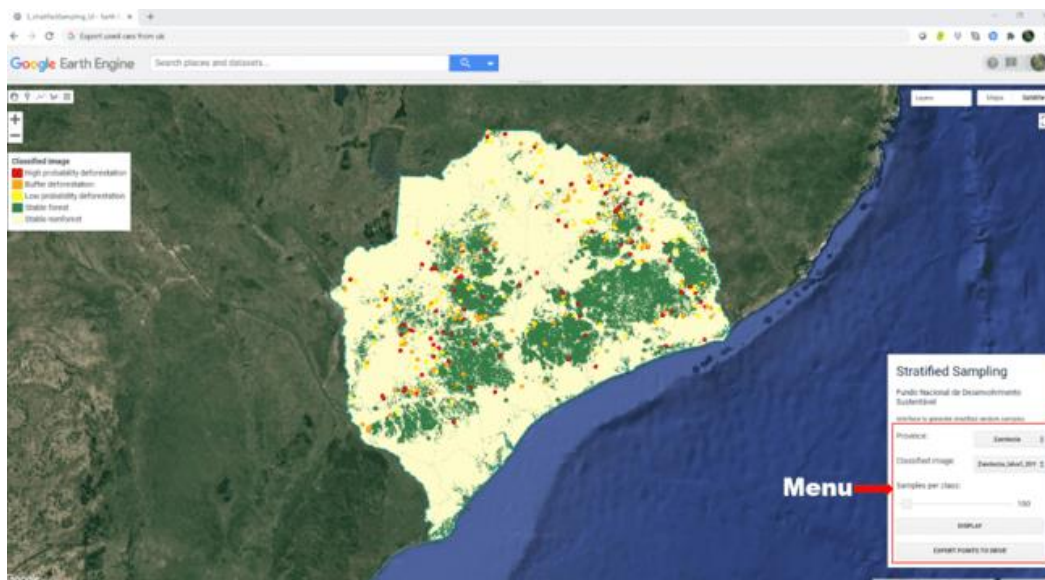


Figura 19 Secção "Stratified Sampling" da interface de usuário do algoritmo de mapeamento disponível no repositório do FNDS, hospedado na plataforma do Google Earth Engine, para a condução da amostragem da aleatória estratificada do mapa anual do desmatamento.

Estimativa do tamanho da amostra

O tamanho da amostra n é determinado a partir da seguinte equação (Cochran, 1977):

$$n = \frac{(\sum W_i S_i)^2}{[S(\hat{O})]^2 + \left(\frac{1}{N}\right) \sum W_i S_i} \approx \left(\frac{\sum W_i S_i}{S(\hat{O})}\right)^2 \quad \text{Equação 1}$$

onde,

N é o número de unidades na região de interesse,

$S(\hat{O})$ é o erro padrão da precisão geral estimada que pretende-se alcançar,

W_i é a proporção da área mapeada da classe i ; e

S_i é o desvio padrão do estrato i .

Para obter valores aproximados da proporção do desmatamento em cada estrato (p_i), é realizada uma amostragem piloto. De acordo com Congalton e Green (2008), Olofsson *et al* (2014) e FAO (2018), o tamanho mínimo da amostra deve ser de pelo menos 20 a 100 amostras por estrato. Por este motivo, a amostragem piloto usa 100 pontos de amostra para cada estrato do mapa.

Após a amostragem piloto, a inclusão de amostras adicionais em cada estrato é necessária, a fim de alcançar o erro relativo desejado. É aplicado a alocação óptima (Neyman) (Neyman, 1934), onde o desvio padrão do estrato ($S_h = \sqrt{U_h \cdot (1 - U_h)}$) aumenta o número de parcelas (garantindo um maior número de parcelas em classes ou estratos raros) e os custos unitários de amostragem são constantes:

$$n_h = n \frac{w_h \cdot S_h}{\sum_{h=1}^H w_h \cdot S_h} \quad \text{Equação 2}$$

Deve haver um mínimo adicional de 200 unidades amostrais em cada uma das classes estáveis, totalizando 300 unidades amostrais por classe. A razão por trás desse mínimo é que se nenhum evento de desmatamento for encontrado nas 100 unidades de amostrais de cada estrato estável, então p_i será 0 e não exigirá nenhuma amostragem adicional nestes estratos. Isso significa que o tamanho de amostra para os estratos estáveis é muito menor que dos estratos de mudança,

embora as classes estáveis continuem tendo a maior proporção da área do mapa. O mesmo procedimento é aplicável em caso de uso de um mapa pós-estratificado.

Caso a amostragem piloto providencie um nível de precisão estatístico satisfatório é considerado como levantamento definitivo.

3.2.2.3 Gestão da qualidade

3.2.2.3.1 Desenho de amostragem e unidades amostrais

Cada unidade amostral deve ter uma única localização, sem repetição de medições no mesmo local. Deve-se verificar se nenhuma unidade amostral sobrepõe-se entre a fase de amostragem piloto e a adição de amostras e/ou novos estratos. Isso pode ser garantido, gerando um grande número de pontos amostrais aleatórios ($\cong 1000$ por classe) e retirando aleatoriamente novas unidades amostrais a partir deste conjunto.

O mesmo procedimento também deve ser garantido na amostragem inicial, para que não haja a substituição de uma unidade amostral da amostragem piloto com a inclusão de unidades amostrais adicionais (se necessário), uma vez que estas serão extraídas da mesma fonte.

3.2.2.3.2 Tamanho da amostra

O tamanho da amostra inicial é de 100 para todos estratos, a fim de se ter uma primeira estimativa da proporção do desmatamento em cada estrato. Isso permite a determinação do tamanho total da amostra necessária para o erro relativo desejado. O tamanho da amostra para as classes estáveis, no caso de não haver erros de omissão de desmatamento, é definido como um mínimo de 300 (resultante da adição de 200 amostras). Isso visa balancear a proporção dos estratos em relação ao tamanho da amostra e reduzir a probabilidade de não encontrar erros de omissão “ao acaso”.

4 PROCESSO DE LEVAMENTO DE USO DA TERRA, MUDANÇAS DO USO DA TERRA E FLORESTAS

4.1 REQUISITOS

O procedimento de colecta de dados baseada em uma amostragem fornece a estrutura para a colecta de um conjunto de dados não tendenciosos e precisos, que pode ser usado para quantificar o Uso da Terra e Mudanças de Uso e Cobertura da Terra em uma área de interesse. Este protocolo se concentra no uso principalmente de dados de Teledeteccção para colectar dados de referência ou verdade terrestre. A gestão da qualidade é essencial para atingir o mais alto padrão de qualidade e confiabilidade possível para os dados coletados e isso requer:

- Definição do período de análise;
- Estabelecimento da amostragem;
- Descrição do processo de levantamento de LULUCF;
- Sistema operativo e hardware do computador;
 - Windows 7, Windows 10 ou posterior
 - Processador de 2,5 GHz ou mais rápido
 - 4 ou mais gigabytes (GB) de RAM
- Conexão à internet rápida e estável;
- Programas;
 - Open Foris Collect Earth
 - Google Earth
 - Google Chrome ou Mozilla Firefox
 - Microsoft Office Excel
- Lotes de unidades amostrais;
- Acesso gratuito à fontes de imagens de satélite de média e alta resolução;
- Dados auxiliares;
- Banco de dados de armazenamento;
- Recursos Humanos;
 - Gestor de colecta de dados

- Equipa de técnicos especializados e treinados em interpretação visual, que são aqui referidos como operadores.
- Supervisores bem qualificados na interpretação visual
- Treinamento e calibração de intérpretes antes e durante a coleta de dados;
- Estabelecimento da meta diária de colecta de dados – 50 unidades amostras avaliadas por operador (intérprete);
- Interactividade durante a colecta de dados para melhorar a qualidade dos dados; e
- Implementação de gestão da qualidade antes, durante e depois da coleta de dados.

4.2 CRIAÇÃO DE CONTA GMAIL

A obtenção da conta Gmail é fundamental, pois o *software* Open Foris Collect Earth (CE) usa várias plataformas grátis oferecidas pelo Google. Então, caso não tenha um *e-mail* junto o Google (@gmail.com) crie a sua conta Gmail, acessando o *link* – <https://mail.google.com/mail/signup>.

Por favor, não esqueça o *e-mail* criado, incluindo sua respectiva palavra-passe que não deve ser compartilhada.

4.3 REGISTO DA CONTA NA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE

A plataforma do Google Earth Engine é muito importante para visualizar séries históricas de imagens Landsat e implementar linguagem de programação de *script* que permitam a visualização e interpretação de mudanças de uso de terra através de gráficos (p.e., NDVI) e imagens (p.e., Landsat, Sentinel-2A, etc.). Então, caso não tenha uma conta Gmail registada nesta plataforma regista-a, acessando o *link* – <https://signup.earthengine.google.com/#/>. Após o registo, verifique na caixa de entrada do seu e-mail (@gmail.com), inclusive a pasta *spam*, o *link* da equipe de desenvolvedores do Google para a confirmação do registo da sua conta Gmail na plataforma.

4.4 INSTALAÇÃO DE SOFTWARES

Instale no computador ou *laptop* de trabalho os seguintes *softwares*:

- a) Open Foris Collect Earth (CE), obtenha-o (Windows ou Mac) em <http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>.

Qualquer dúvida em relação a instalação pode ser exposta no Fórum de Suporte Técnico da Open Foris, acessando o *link* – <http://www.openforis.org/support>. Neste fórum são respondidas todas as questões relacionadas às ferramentas Open Foris.

- b) Google Earth Pro (GEP), instale-o acessando o *link* – <https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>.

Após a instalação, use sua conta Gmail como usuário e a *license key* é GEPFREE.

4.5 CRIAÇÃO DO FICHEIRO COM LISTA DAS UNIDADES AMOSTRAIS


Tendo definido a área de interesse para o levantamento do Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e estabelecido o desenho amostral (por favor, consulte o capítulo “3” para mais detalhes), e gerado a distribuição geográfica das unidades amostrais (UAs) na área de interesse, é necessário criar um ficheiro no formato ou com a extensão “.csv”, contendo a lista das UAs para o levantamento do LULUCF. Este ficheiro deve conter em primeiro plano os seguintes cabeçalhos de coluna imprescindíveis e sequenciados como ilustrado na Figura 20: *id*, *YCoordinate*, *XCoordinate*, *elevation*, *slope* e *aspect*.

id	YCoordinate	XCoordinate	elevation	slope	aspect
6872	-11,49178483...	35,896834259...	0	0	0
7689	-11,67167569...	35,972003330...	0	0	0
8015	-11,74392666...	35,972774420...	0	0	0
8144	-11,79035024...	34,725900920...	0	0	0
8637	-11,89788502...	34,873429799...	0	0	0
11076	-12,44163122...	34,656509010...	0	0	0
11561	-12,55097142...	34,509971470...	0	0	0
12214	-12,69539533...	34,547649620...	0	0	0
14474	-13,20041995...	34,735279050...	0	0	0
19103	-14,25505341...	33,260033999...	0	0	0

Figura 20 Organização dos cabeçalhos das colunas do ficheiro “.csv” com a lista das UAs

Edite o nome do ficheiro com o nome da área de interesse.

4.6 ACTUALIZAÇÃO DO SCRIPT DO PROJECTO DO FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTO DE LULUCF

O projecto do formulário de levantamento de LULUCF é um ficheiro que apresenta o ícone  (visível quando o *software* CE está instalado) e a extensão “.cep”.

Dê um clique de botão direito do *mouse* no ficheiro do projecto para abri-lo com qualquer *software* aplicável a ficheiros com a extensão “.zip ou .rar” (p. e., Winrar, 7-Zip, etc.).

Tendo aberto o ficheiro do projecto, é observável que o mesmo contém outros ficheiros como ilustrado na Figura 21. Caso haja disponível uma nova actualização de *scripts* e for necessário, seleccione e substitua o ficheiro denominado “eePlaygroundScript.fmt” (Figura 21) por um outro actualizado, mas o nome do ficheiro mantém-se. E, por fim, feche o ficheiro.

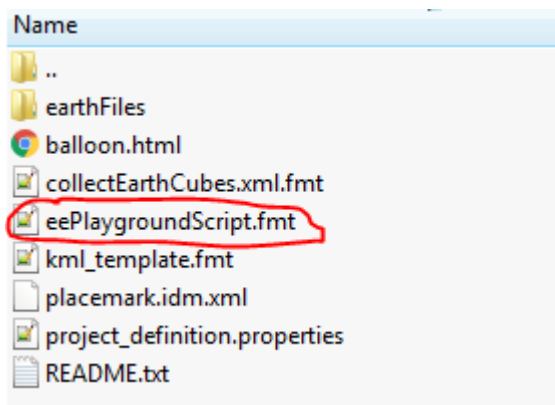


Figura 21 Organização do ficheiro do projecto do formulário de levantamento de LULUCF

4.7 LIMPEZA OU ARQUIVAMENTO DE BASE DE DADOS ANTERIORES

Antes de abrir o projecto do formulário com o *software* padrão de leitura da sua extensão (“.cep”, CE) para fazer um novo levantamento de LULUCF, é necessário verificar a existência de base de dados, anteriormente, armazenadas.

Para tal, inicie o CE, que inicia em simultâneo com o GEP. Na janela do CE, seleccione o Menu “Ferramentas / *Tools*” e dê um clique de botão esquerdo de *mouse* em “*Open data folder*” como ilustrado na Figura 22, dando-lhe acesso à pasta “CollectEarth”.

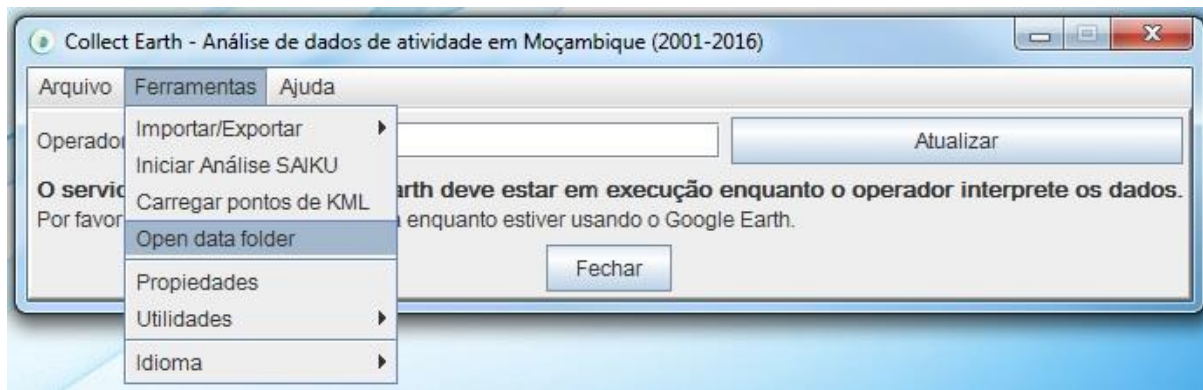


Figura 22 Acesso à pasta “CollectEarth”

Ou sem precisar de iniciar o CE, cole no *browser* de qualquer janela do *File Explorer* o directório “C:\Users\nome do user\AppData\Roaming\CollectEarth” como ilustrado na Figura 23 e clique em “Enter”, dará-lhe também acesso à pasta “CollectEarth”.

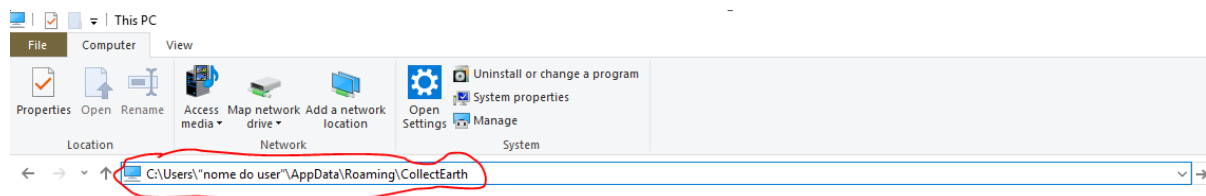


Figura 23 Acesso à pasta “CollectEarth” pelo browser da janela do File Explorer

Com a pasta “CollectEarth” aberta, feche a janela do CE, localize os ficheiros “collectEarthDatabase” e “collectEarthDatabase.dbSaiku” (este pode não estar armazenado, pois é criado quando é iniciada a análise SAIKU) (Figura 24) e delete-os ou arquiva-os se for necessário, editando o nome dos ficheiros com o sufixo “.old” como ilustrado na Figura 25, ou outro que futuramente permitirá reconhecer o projecto do formulário que gerou a base de dados e sua respectiva área de interesse. E, por fim, feche a pasta.

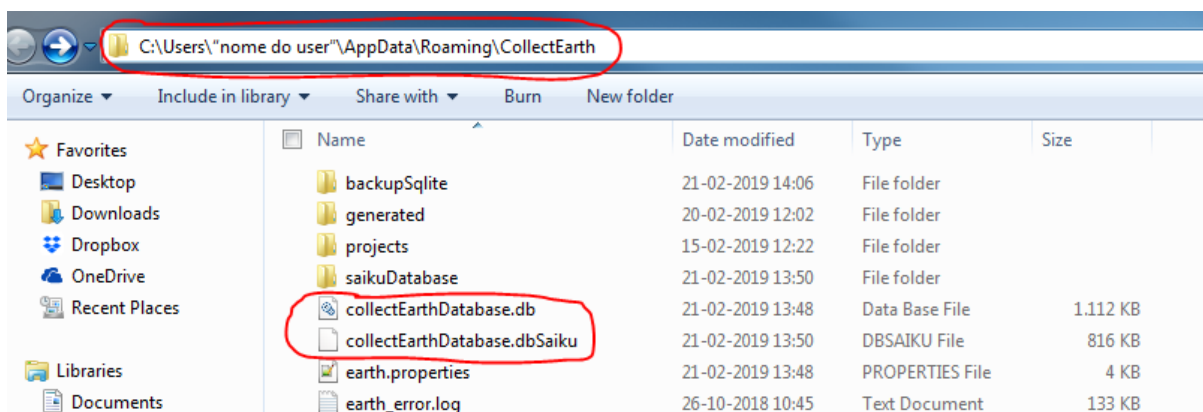


Figura 24 Ficheiros da pasta “CollectEarth”

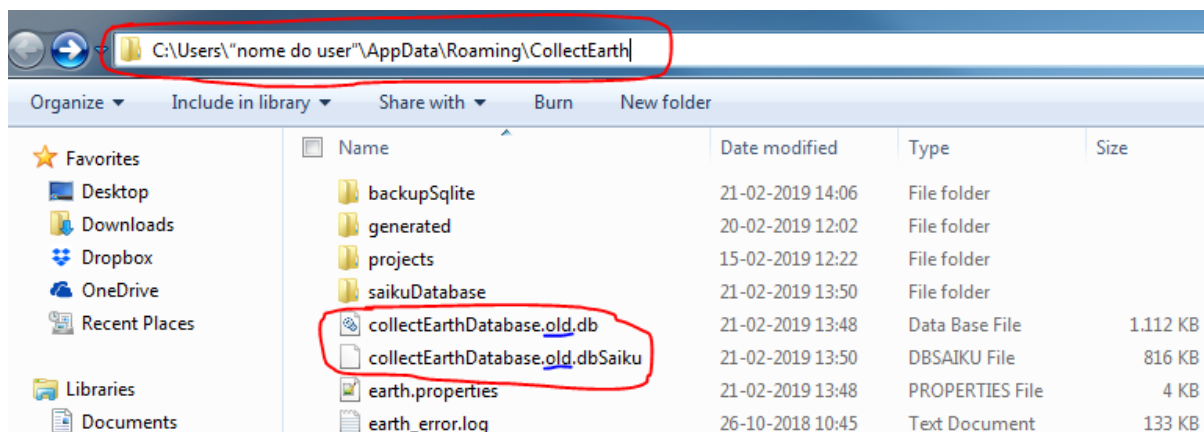



Figura 25 Arquivando os ficheiros da pasta “CollectEarth”

4.8 PRÉ-LEVANTAMENTO DE LULUCF

- 1º. Estabelecer o período de análise do LULUCF na área de interesse.
- 2º. Abrir o projecto do formulário com o *software* padrão de leitura da sua extensão (“.cep”, CE), que abrirá, automática e sequencialmente, uma janela do CE e uma outra do GEP.

A janela do GEP permite a visualização de imagens históricas de satélites de alta resolução através do relógio do tempo  visível na barra de ferramentas do GEP como ilustrado na Figura 26.

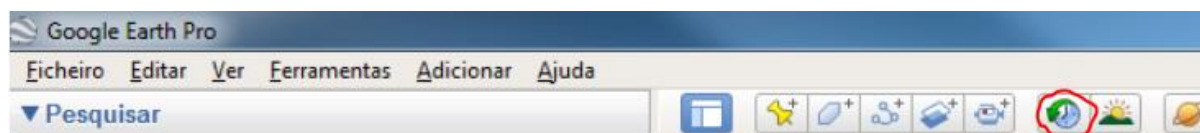




Figura 26 Relógio do tempo do GEP

Para activar o relógio do tempo, dê um clique de botão esquerdo do *mouse* em  para mostrar a barra de linha do tempo como ilustrado na Figura 27. Desloque o controlo de deslize  para avançar ou recuar para a data pretendida e mostrar a sua respectiva imagem.

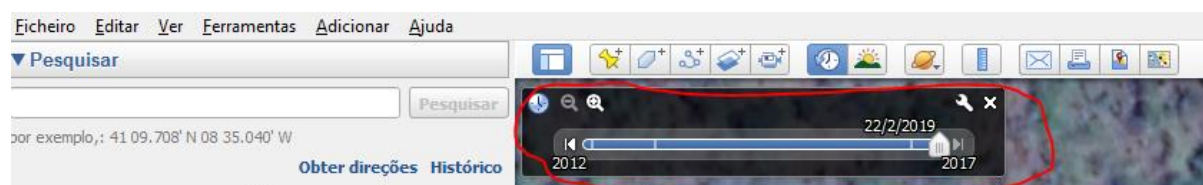


Figura 27 Barra de linha do tempo do GEP

A data e a fonte da imagem, incluindo a disposição do relevo da área são descritas no centro inferior do painel de visualização das imagens como ilustrado na Figura 28.

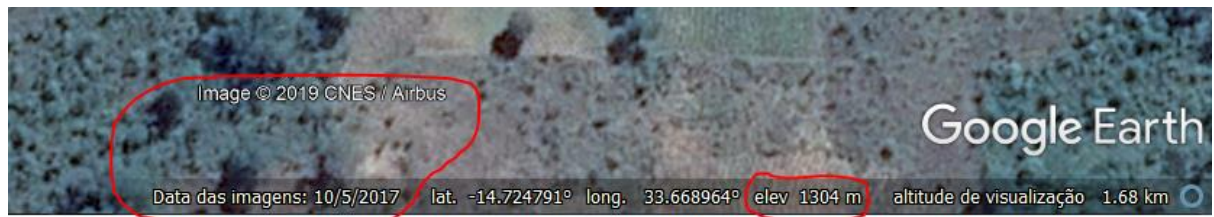


Figura 28 Detalhes da imagem no GEP

- 3º. Iniciar a sessão no GEP com as credências da sua conta Gmail (e-mail e palavra-passe), clicando em “Iniciar sessão” como ilustrado na Figura 29.



Figura 29 Iniciar a sessão no GEP

- 4º. Configurar as funcionalidades do GEP:

- a) **Navegação:** Seguir para o **Menu Ferramentas** → **Opções**, seleccionar a aba “Navegação” e configurar como ilustrado na Figura 30. Após a configuração, clicar em “Aplicar” e, por fim, em “Ok”.

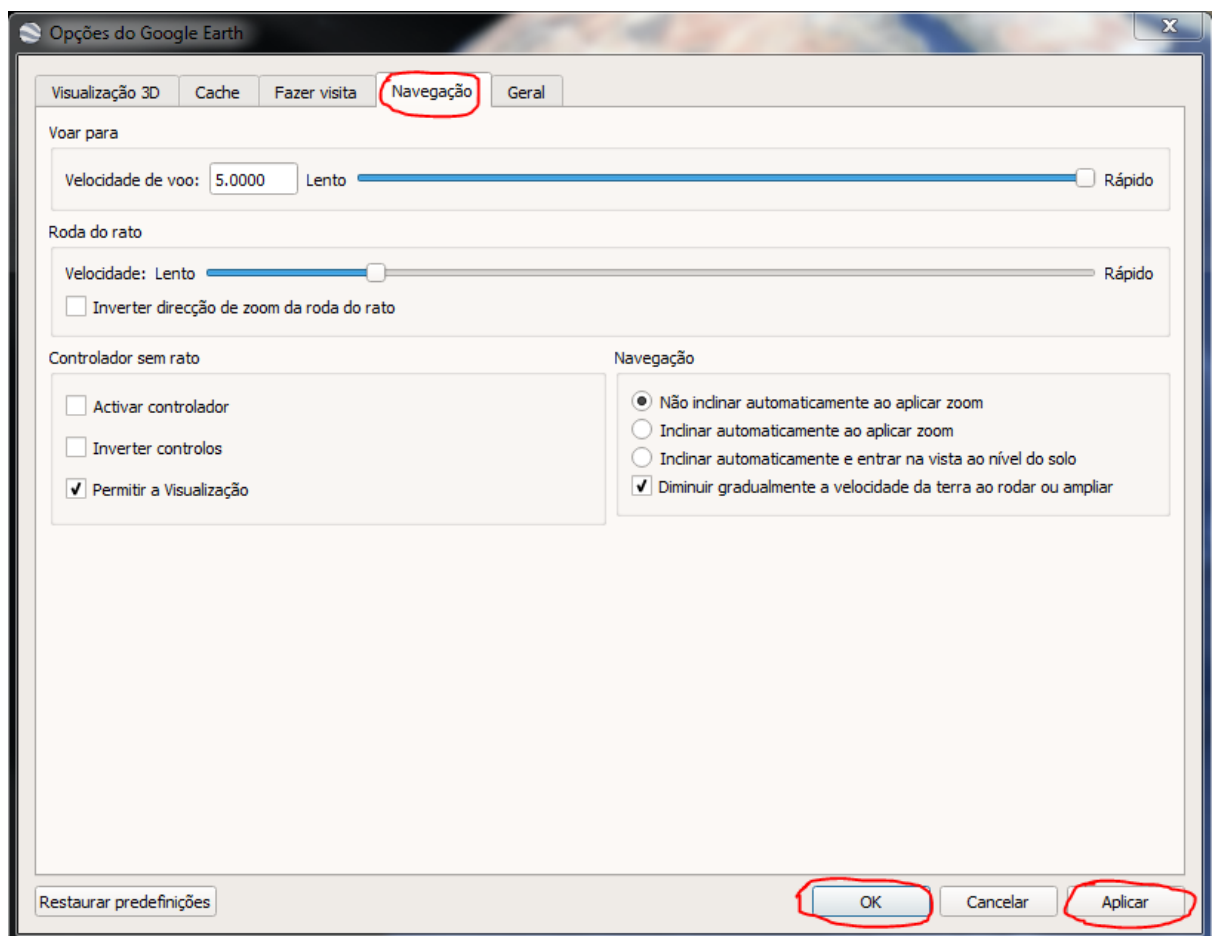


Figura 30 Configuração da navegação no GEP

- b) **Unidade de medida:** Seguir para o **Menu Ferramentas** → **Opções**, seleccionar a aba “Visualização 3D” e configurar o campo “Unidades de Medida” como ilustrado na Figura 31. Após a configuração, clicar em “Aplicar” e, por fim, em “Ok”.

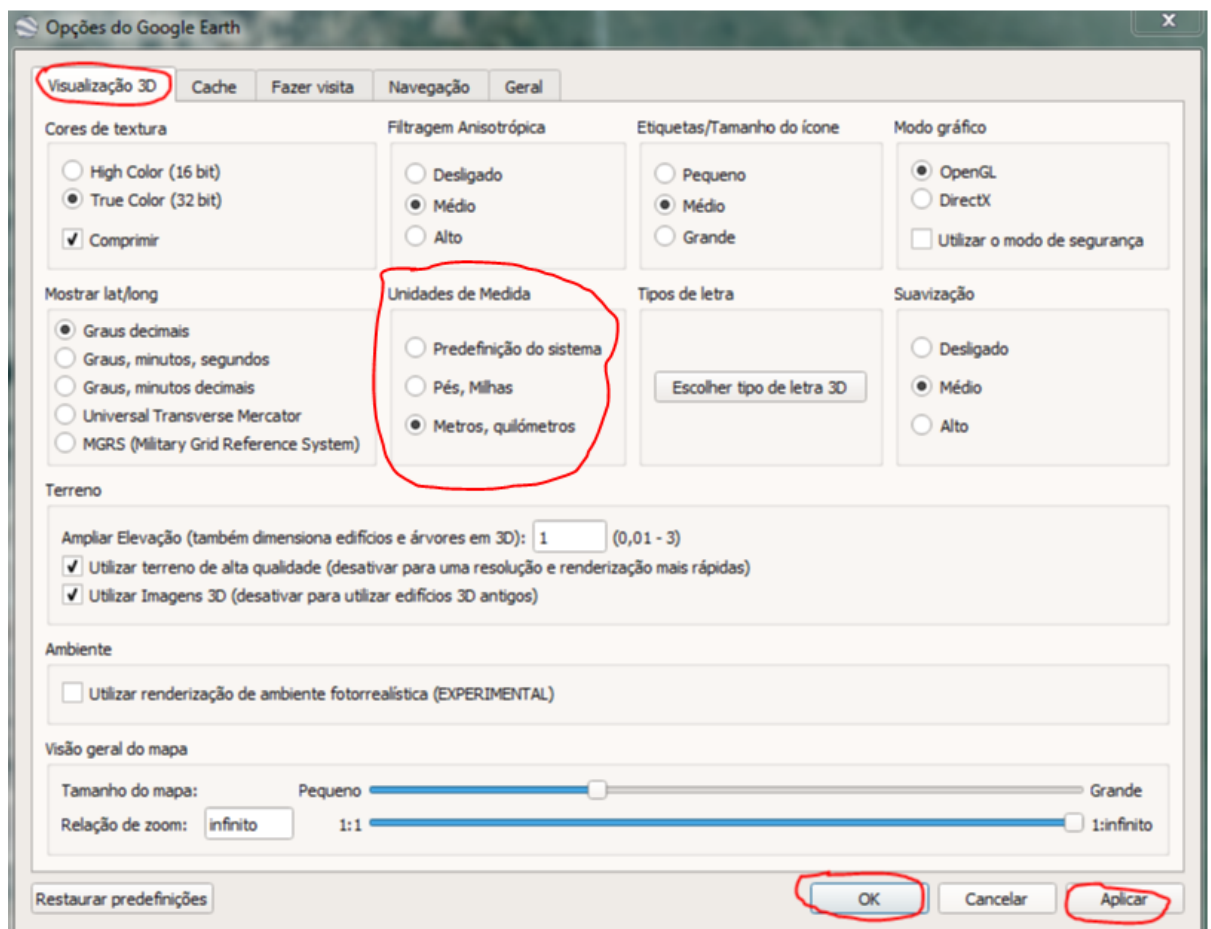


Figura 31 Configuração das unidades de medida do GEP

- c) **Camadas:** No painel esquerdo do GEP denominado “Camadas”, desselecione todas camadas, excepto a camada “Terreno” como ilustrado na Figura 32.

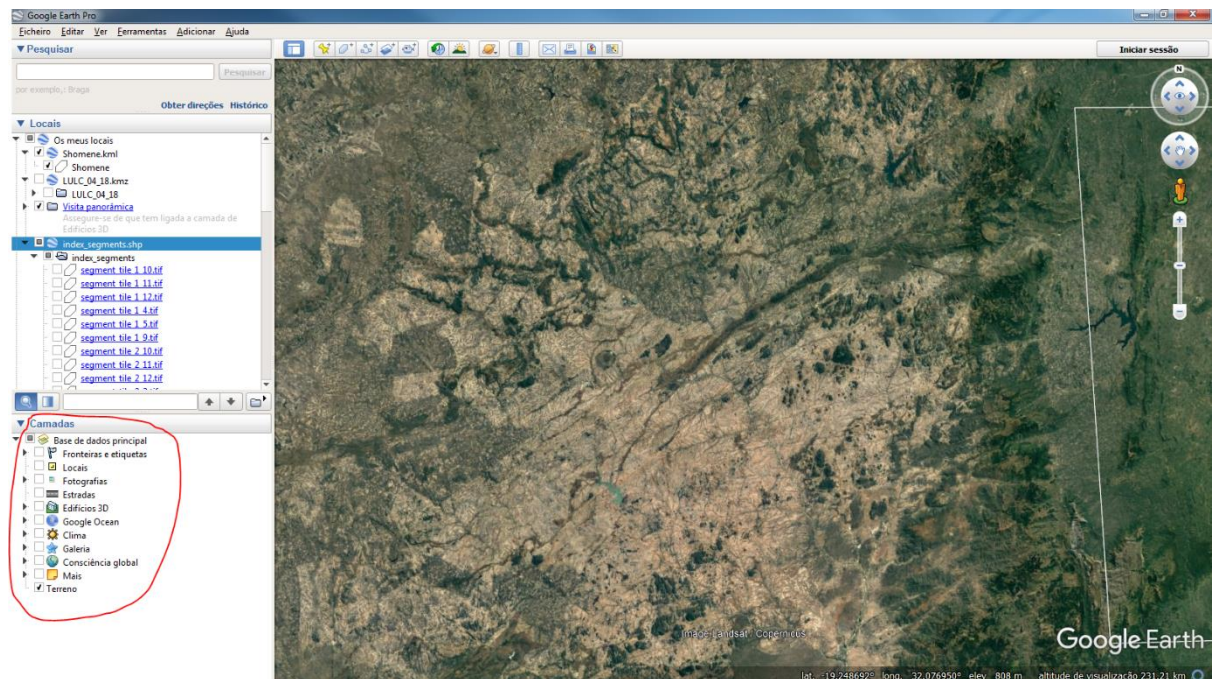


Figura 32 Camadas do GEP

- 5º. Actualizar o nome do operador/usuário na janela do CE, preenchendo o rectângulo vazio com seu nome sem acentuações e espaçamento (este elemento pode ser substituído por *underscore*) e dando um clique de botão esquerdo do *mouse* em “Actualizar” como ilustrado na Figura 33.

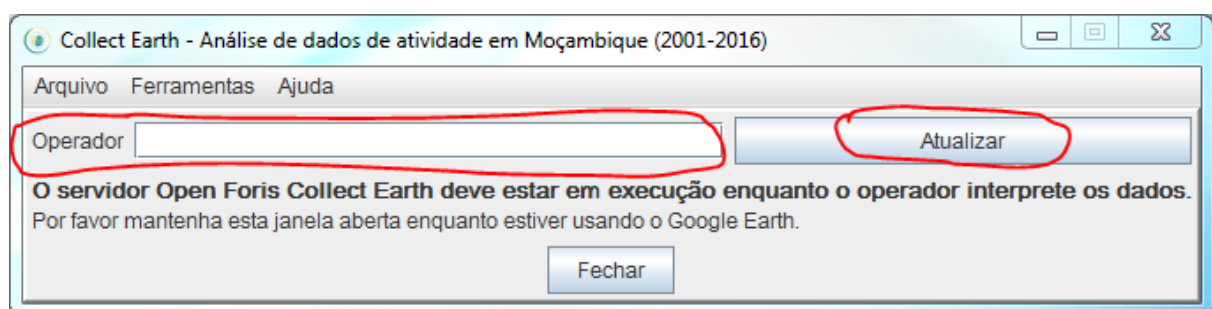


Figura 33 Actualizar o operador no CE

- 6º. Carregar ou abrir o ficheiro “.csv” com a lista das UAs na janela do CE, seleccionando o **Menu Ferramentas** e dando um clique de botão esquerdo de *mouse* em **Propriedades** como ilustrado na Figura 34.

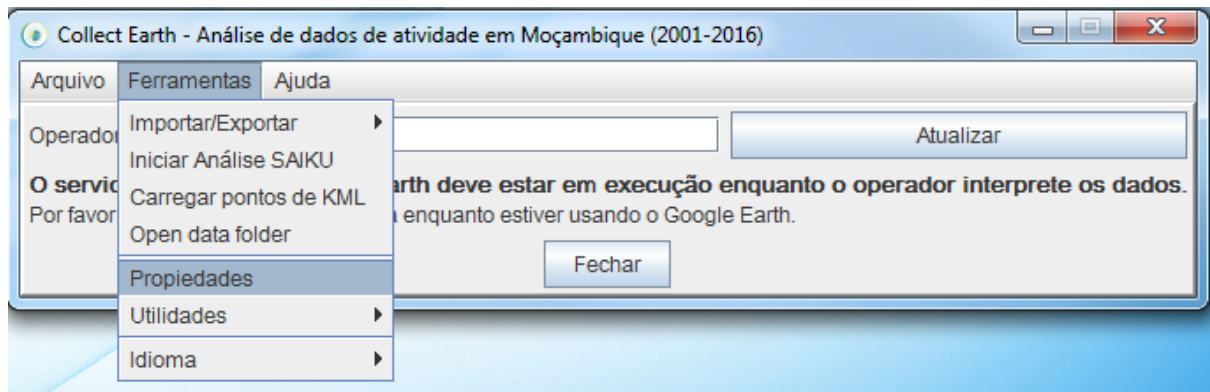


Figura 34 Acessando o Menu Propriedades

É aberta automaticamente a janela denominada “Opções de Collect Earth”, na qual clique em **Navegar** (Figura 35) para procurar o directório em que está armazenado o ficheiro “.csv” e abri-lo.

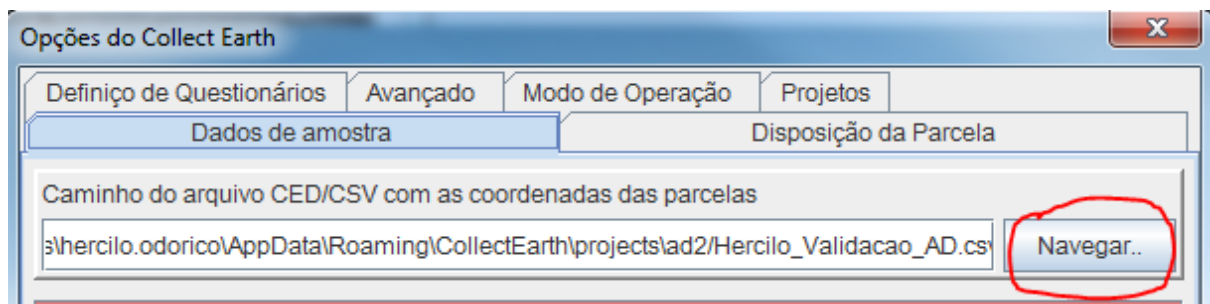


Figura 35 Localização do directório do ficheiro “.csv”

Uma caixa de notificação sobre os requisitos das colunas imprescindíveis (Figura 36) aparece automaticamente, clique em “Ok” para que as UAs sejam listadas e, por fim, dê um clique de botão esquerdo de *mouse* em **Aplicar & Guardar Alterações** como ilustrado na Figura 37.

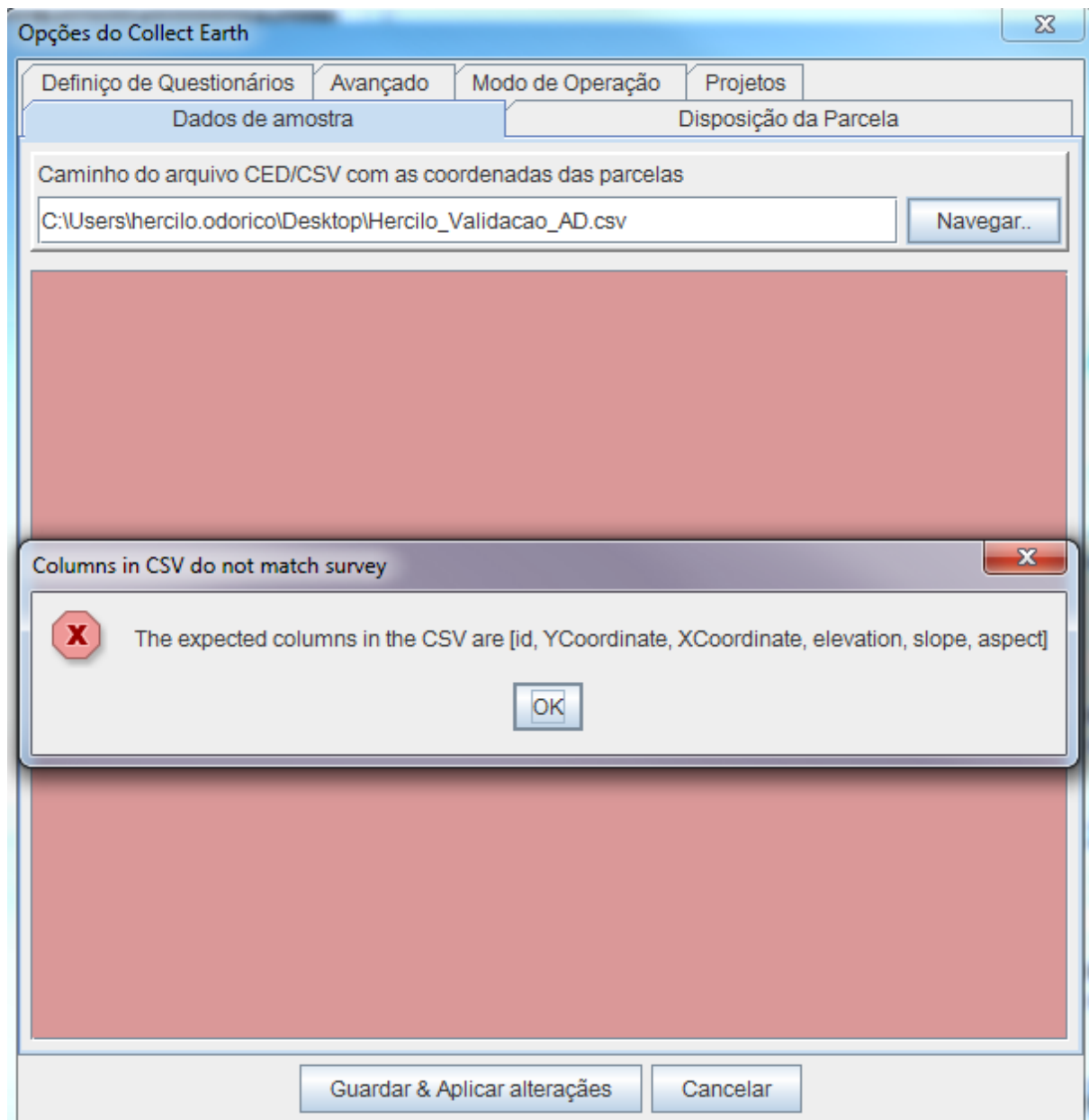


Figura 36 Caixa de notificação sobre os requisitos das colunas do ficheiro “.csv”

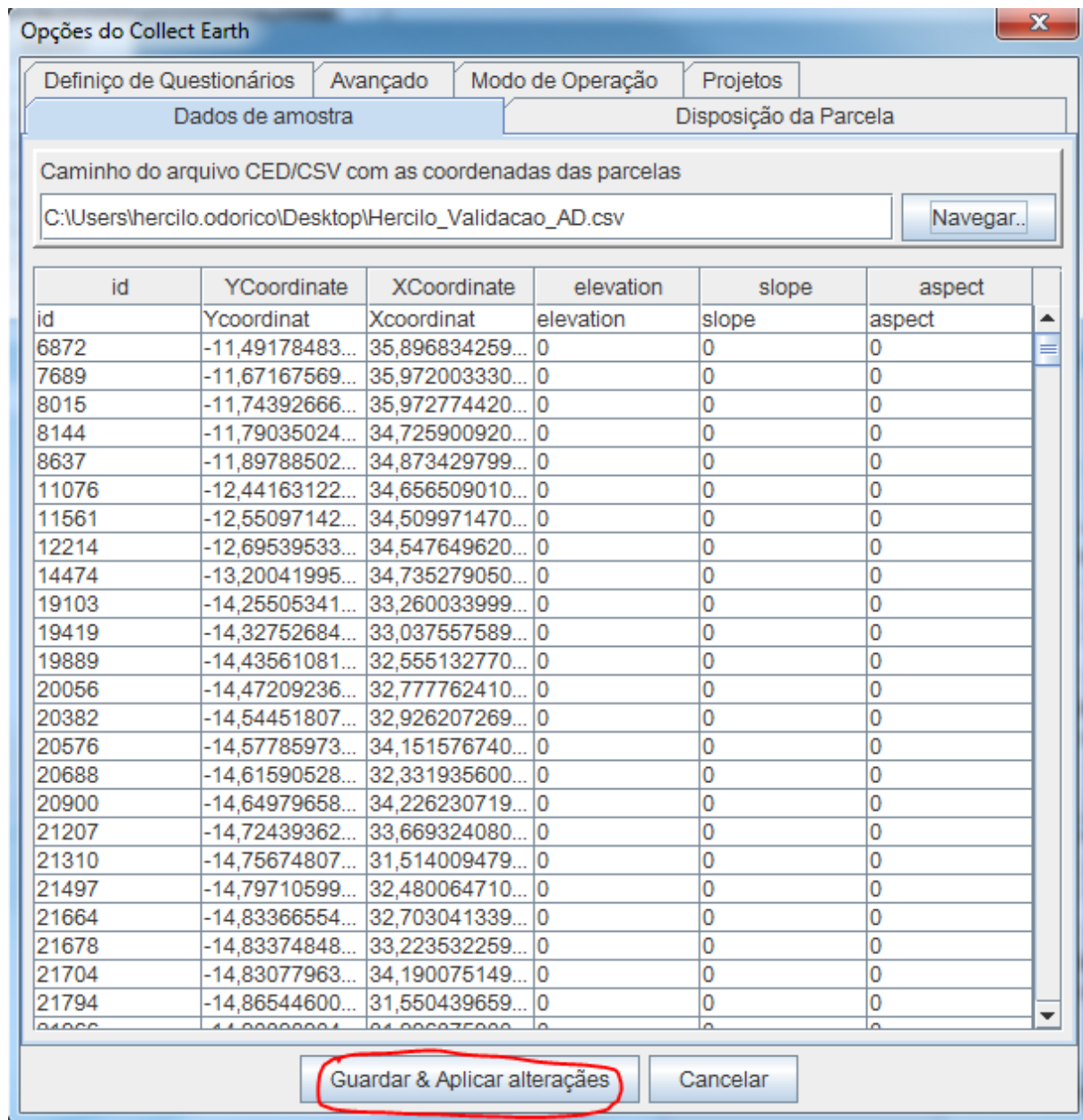



Figura 37 Ficheiro “.csv” carregado

As UAs aparecem listadas com seus respectivos IDs no painel esquerdo da janela do GEP denominado “Locais” como ilustrado na Figura 38. Os IDs apresentam o ícone , que significa que o formulário de levantamento de LULUCF não foi aberto para a UA.

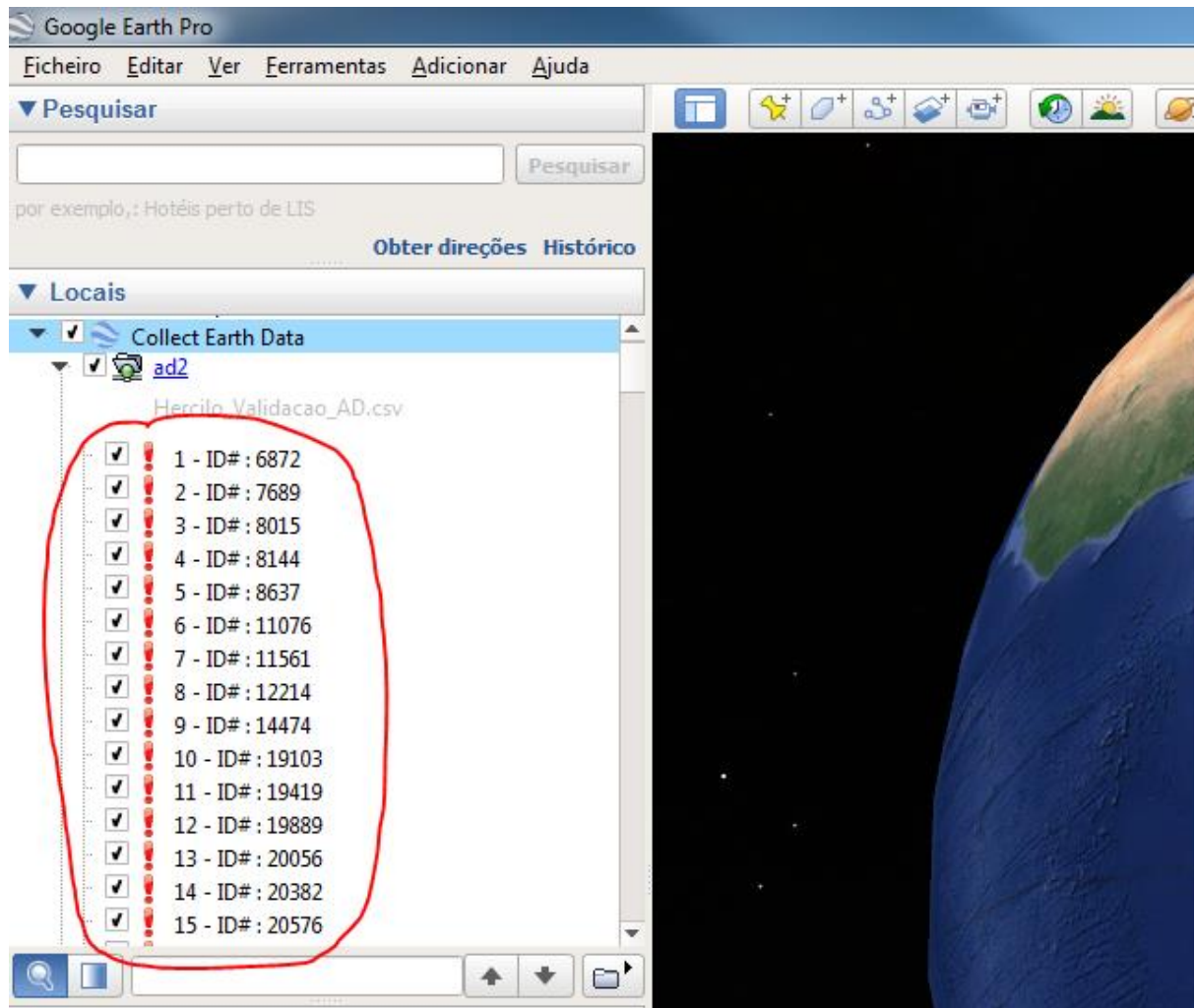


Figura 38 As UAs listadas no GEP

Selecione o ID da UA com um duplo clique de botão esquerdo de *mouse* para fazer o *zoom in* da parcela da UA, que apresenta-se na forma de quadrado com a cor amarela no painel de visualização de imagens do GEP como ilustrado na Figura 39.

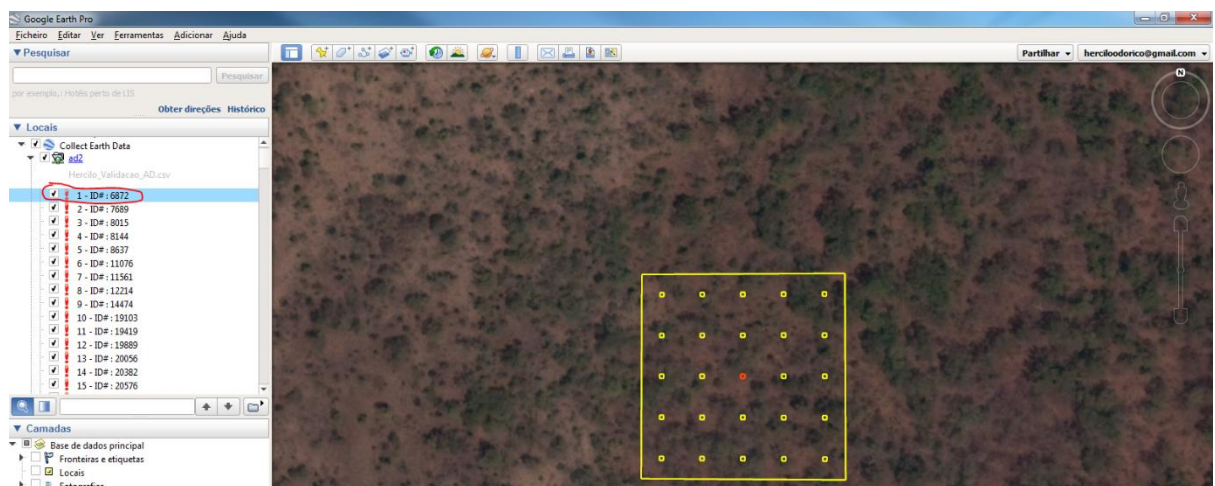


Figura 39 Parcela da UA


7º. Abrir o formulário de levantamento de LULUCF, dando um clique de botão esquerdo de *mouse* no interior da parcela da UA como ilustrado na Figura 40. Uma vez aberto o formulário, o ID da UA apresenta o ícone , significando que o formulário foi aberto e não preenchido ou incompletamente preenchido, ou foi preenchido e a informação registada não foi salva.



Figura 40 Formulário de levantamento de LULUCF aberto

Por outro lado, o mesmo clique na parcela abre automaticamente e sequencialmente três janelas auxiliares para perscrutar as mudanças na área da UA através de um vasto repositório de imagens de média a alta resolução, nomeadamente, as plataformas *Bing Maps*, *Google Earth Engine Explorer* e *Code Editor*, *Planet* e outras (p.e., *HERE WeGo*) como ilustrado na Figura 41.

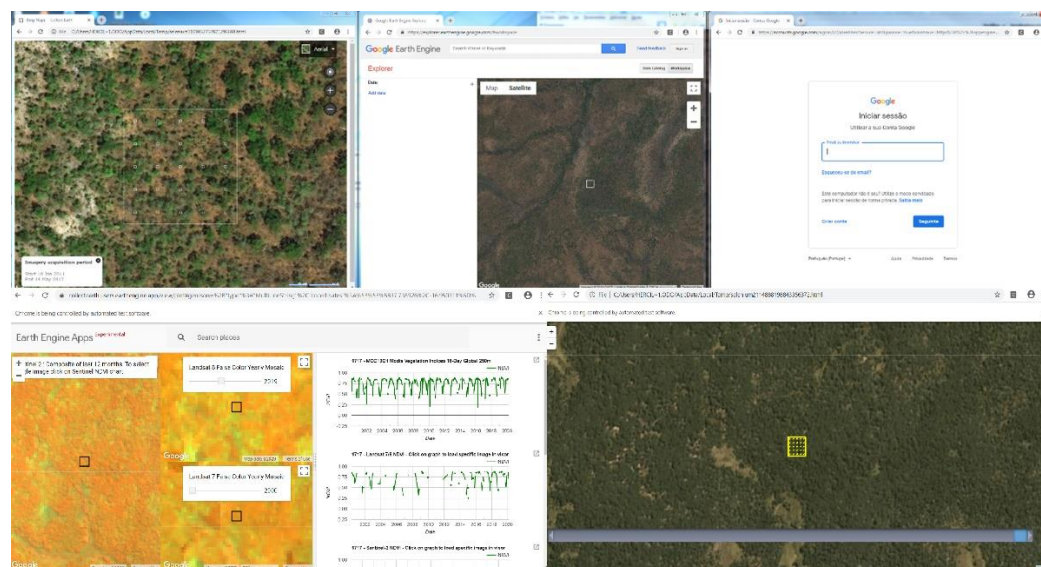


Figura 41 Bing Maps, Google Earth Engine Explorer e Google Earth Engine Code Editor, Planet (da esquerda superior para a direita inferior)

A janela da plataforma *Bing Maps* permite a visualização de uma e única imagem de satélite de alta resolução para a parcela da UA. A data e/ou período de aquisição da imagem é visível no canto inferior esquerdo da imagem como ilustrado na Figura 42.



Figura 42 Painel descritivo do período de aquisição de uma imagem na plataforma *Bing Maps*

A janela da plataforma *Google Earth Engine Explorer* é um catálogo de vários petabyte de imagens de satélite (p.e., Landsat 5 – 8) e conjunto de produtos geoespaciais (p.e., índices de vegetação) actualizados e expandidos diariamente, permitindo perscrutar o LULUCF da UA.

Para ter acesso e explorar as imagens de satélites do repositório desta plataforma, siga para o rectângulo “*Search Places or Keywords...*” como ilustrado na Figura 43, no qual escreve o nome da imagem ou produto desejado como exemplificado na Figura 44.

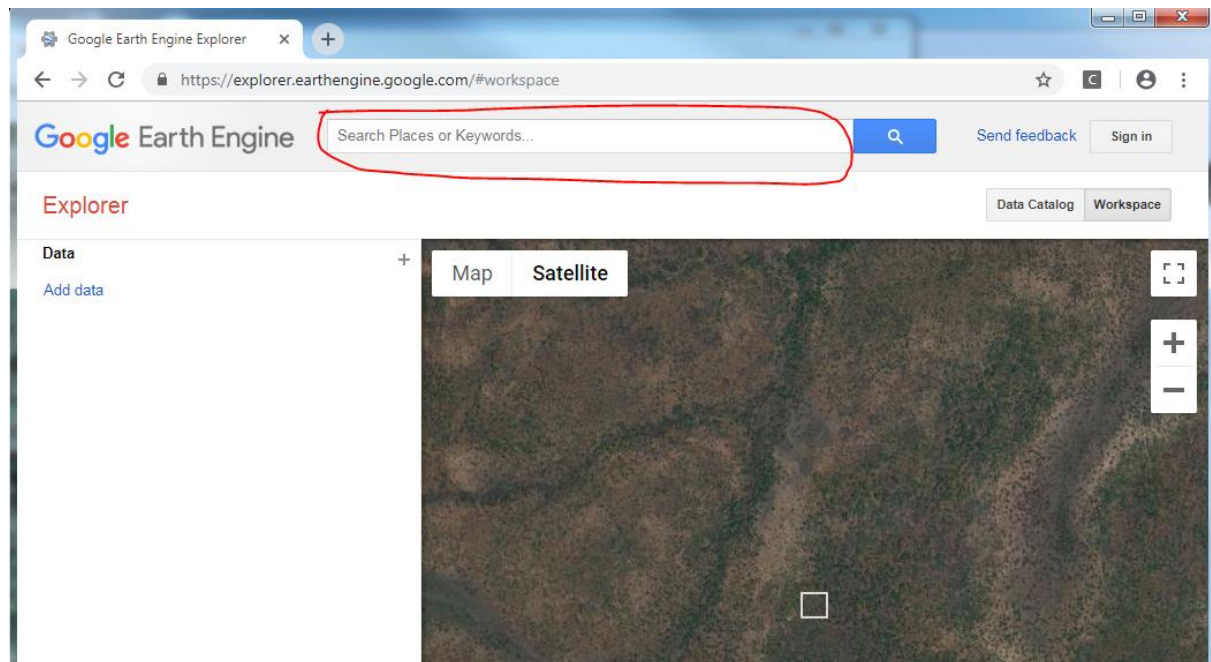


Figura 43 Funcionalidade de busca e acesso de imagens de satélite e produtos geoespaciais

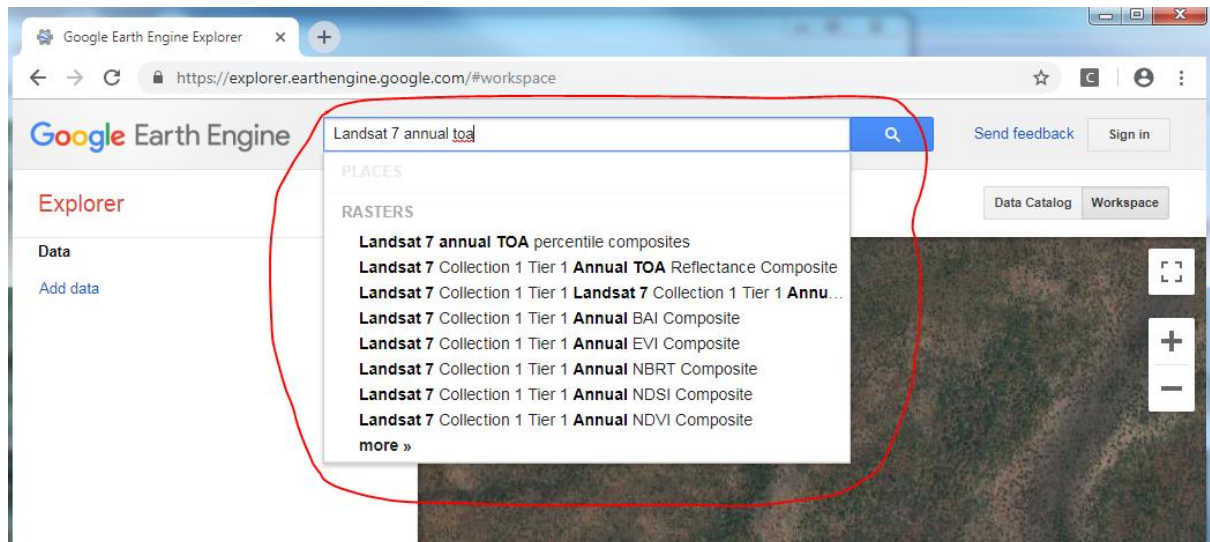


Figura 44 Exemplo de busca e acesso de uma imagem de satélite

Após encontrada e seleccionada imagem desejada, está é listada no campo “Data”. Neste campo podem ser listadas várias imagens desejadas como ilustrado na Figura 45.

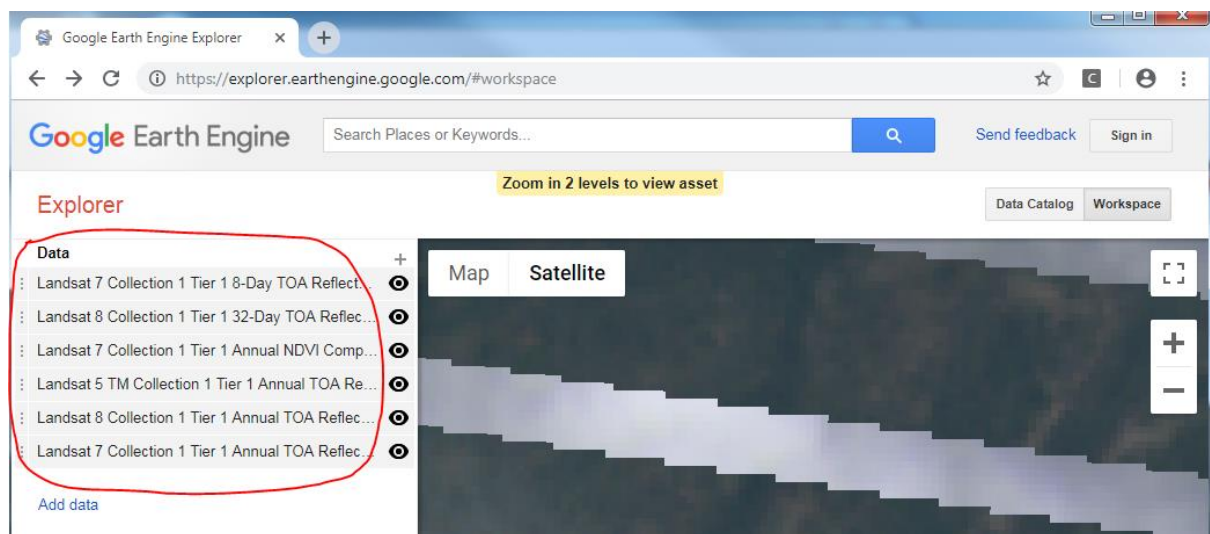







Figura 45 Listagem de imagens de satélite no Google Earth Engine Explorer

Observando a Figura 46, o descritivo da imagem listada no campo “Data” apresenta do lado direito o ícone , que permite a visualização da imagem. Para omitir a visualização da imagem, dê um clique de botão esquerdo do *mouse* no sícone  para estar neste modo . Por outro lado, o descritivo da imagem listada no campo “Data” apresenta do lado esquerdo o ícone , permite a configuração da imagem (data, combinação de bandas, opacidade, brilho e contraste, etc.). Para configurar a imagem, dê um clique de botão esquerdo do *mouse* o ícone , para abrir a janela de configuração ilustrada na Figura 46.

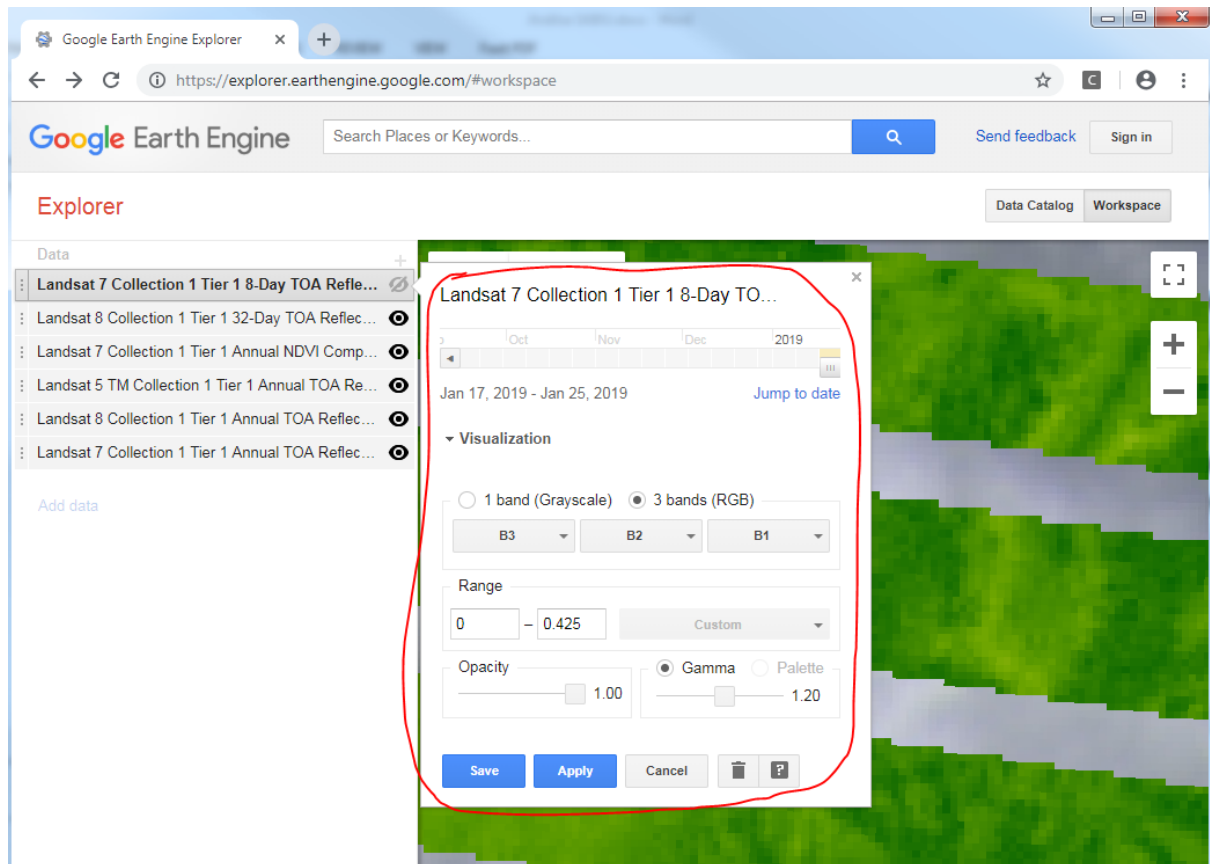


Figura 46 Janela de configuração de imagens do Google Earth Engine Explorer

A data da imagem listada no campo “Data” é alterada com o controle de linha do tempo disponível na janela de configuração como ilustra a Figura 47.

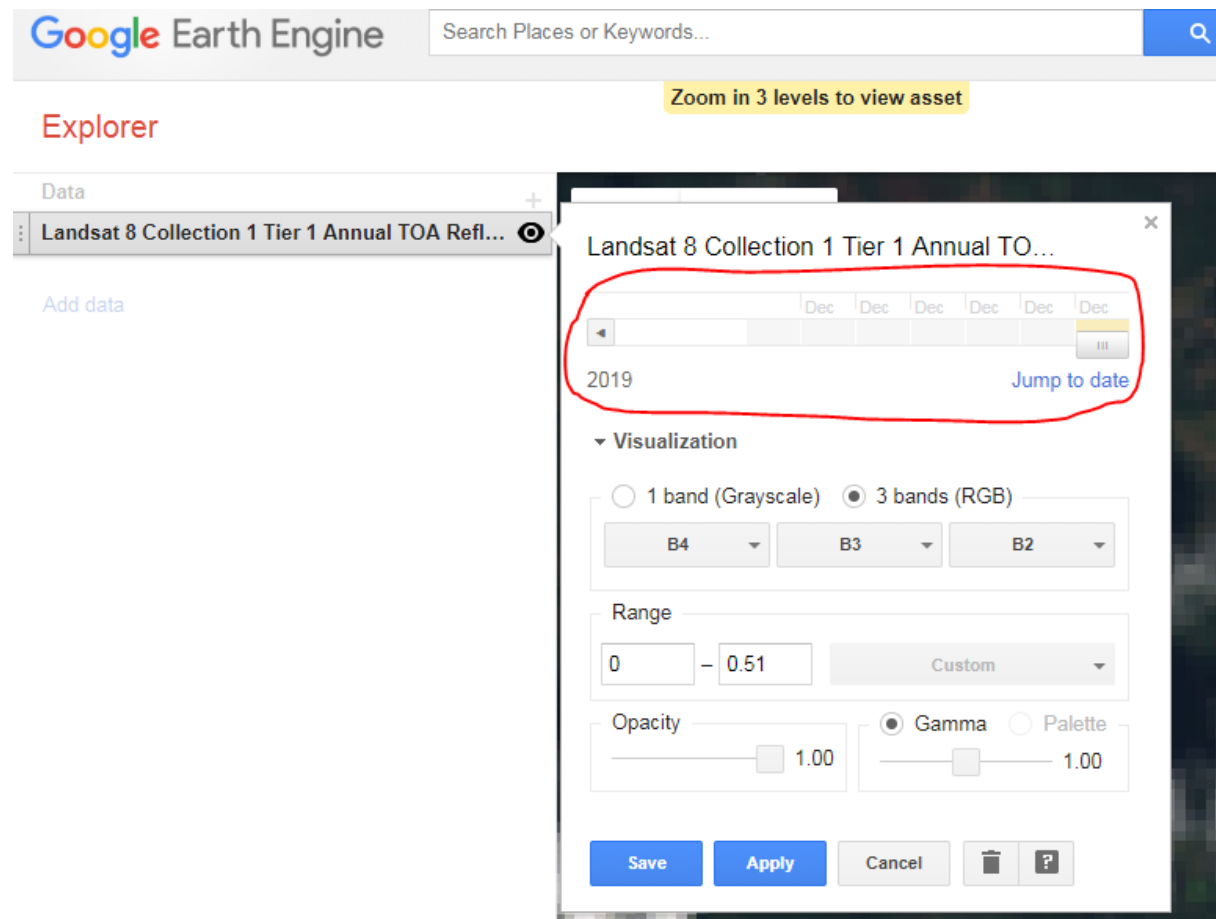


Figura 47 Controle de linha do tempo

Após a configuração, clique em “Apply”, em “Save” e, por fim, no símbolo \times visível no canto superior direito da janela da configuração como ilustrado na Figura 47 para fechá-la.

A janela da plataforma Google Earth Engine Code Editor permite visualizar, manipular, editar e criar dados espaciais de uma rápida e fácil maneira mediante a implementação de uma linguagem de programação de *script*, permitindo perscrutar o LULUCF da UA. A janela desta plataforma inicia com solicitação das credenciais da sua conta Gmail (e-mail e sua respectiva palavra-passe) para iniciar a sessão de uso da mesma.

A plataforma apresenta em sua janela quatros painéis como ilustra a Figura 48.

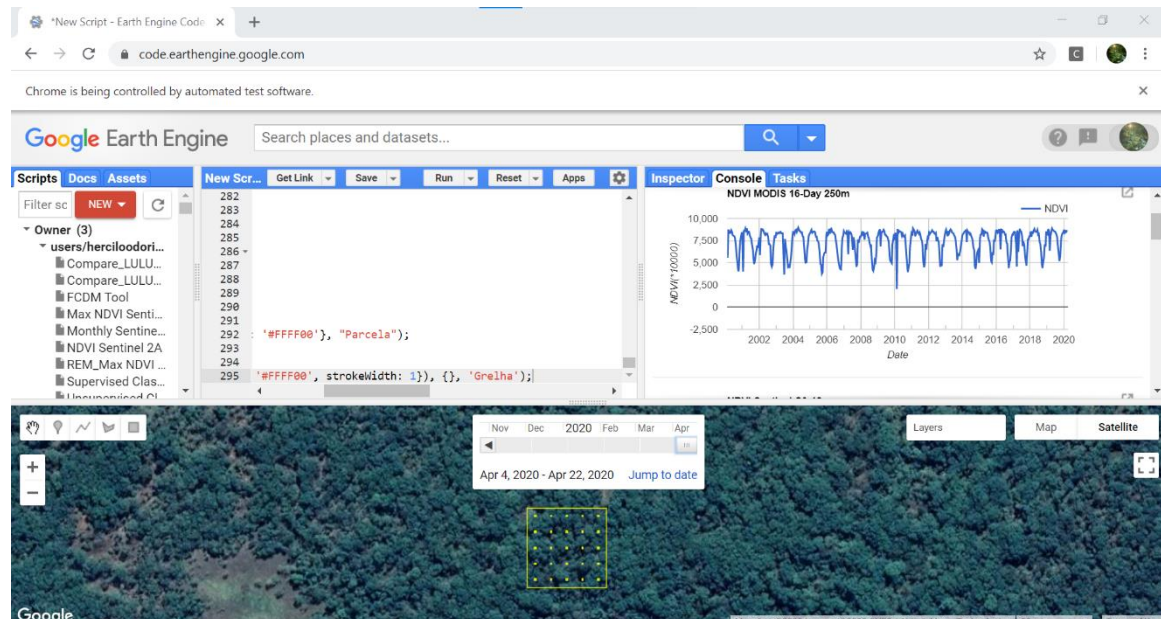


Figura 48 Visão geral do Google Earth Engine Code Editor

No painel inferior são disponibilizadas imagens de satélite mediante a programação do *script*, neste guião é descrito um *script* que disponibiliza imagens mensais de Sentinel-2A. A camada das imagens mensais é listada na ferramenta “Layer manager” como ilustra a Figura 49.

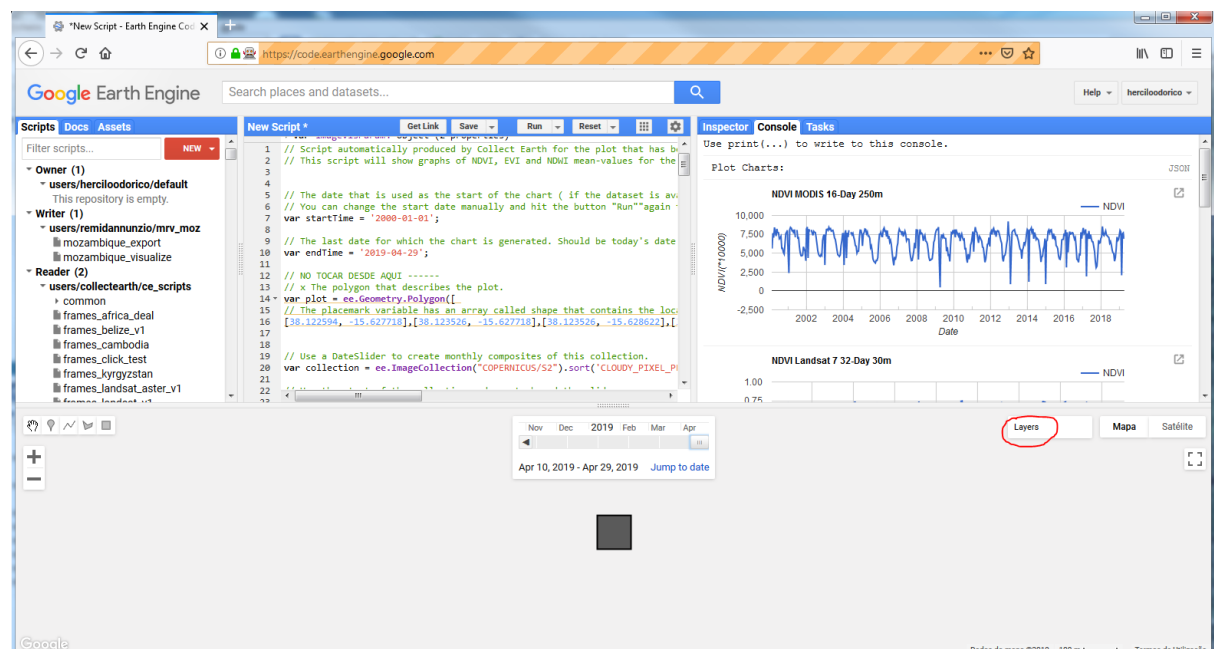


Figura 49 Ferramenta “Layer manager” do Google Earth Engine Code Editor

Aproxime o cursor do *mouse* à ferramenta “Layer manager” para exibir a lista de camadas programadas no *script* como ilustra a Figura 50. Os descritivos da UA e da imagem listadas

no campo “Layer” apresentam um quadrado do lado esquerdo, que permite a selecção e visualização da UA e da imagem Sentinel-2 no painel “Map”, dando-lhe um clique de botão esquerdo do *mouse* para estar neste modo .

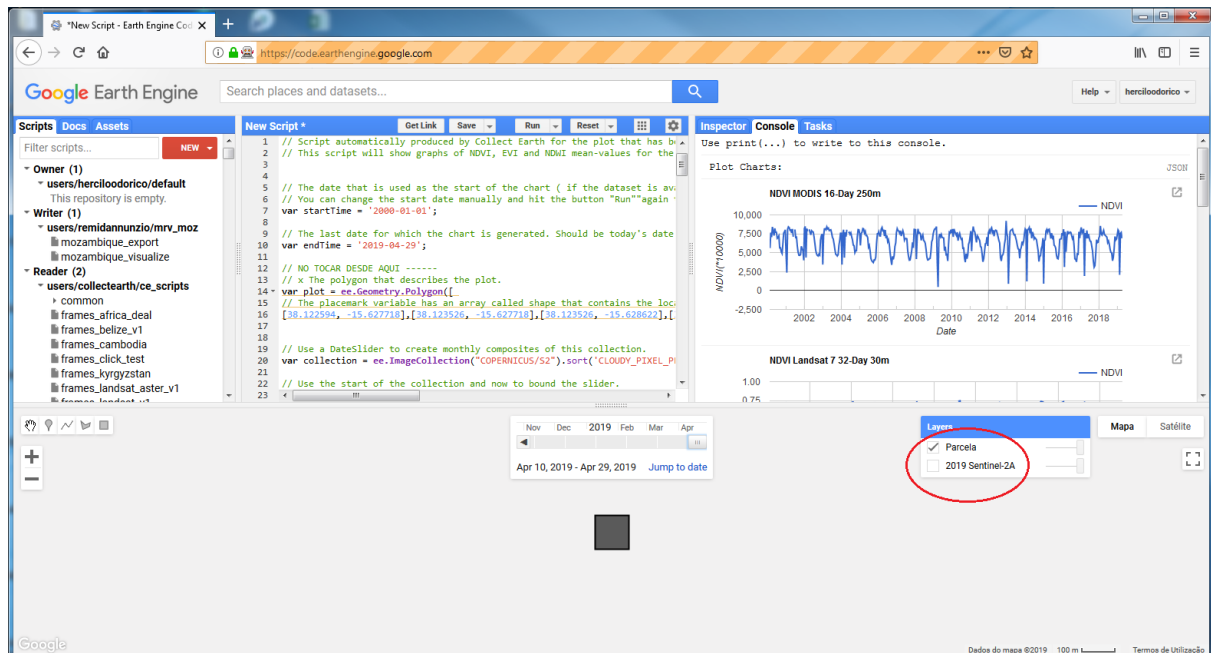


Figura 50 Lista das imagens na ferramenta “Layer manager” do Google Earth Engine Code Editor

No painel “Map” é disponibilizado um calendário como ilustra a Figura 51, que permite filtrar imagens mensais mediante o período desejado, clicando em “Jump to date” ou arrastando o *scroll* .

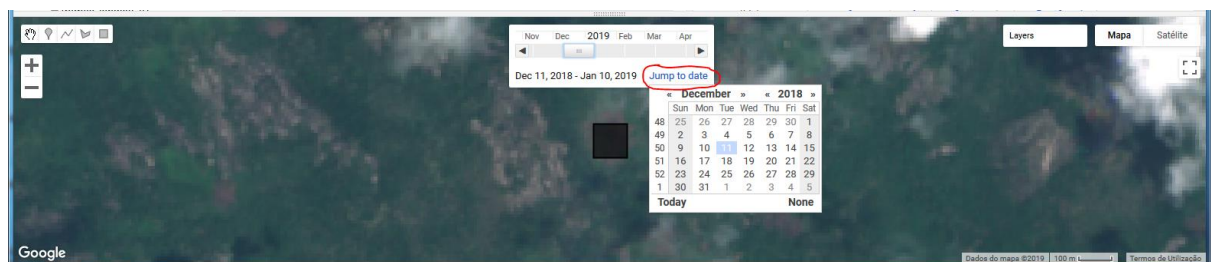


Figura 51 Calendário de filtragem de imagens mensais de Sentinel-2 no Google Earth Engine Code Editor

No painel “New Script” é apresentado o conteúdo do *script* programado, no qual na linha 33 é configurada a combinação de bandas das imagens de Sentinel-2A conforme o desejado, e a aplicação das configurações é mediante a um clique de botão esquerdo do *mouse* em “Run” como ilustrado na Figura 52.

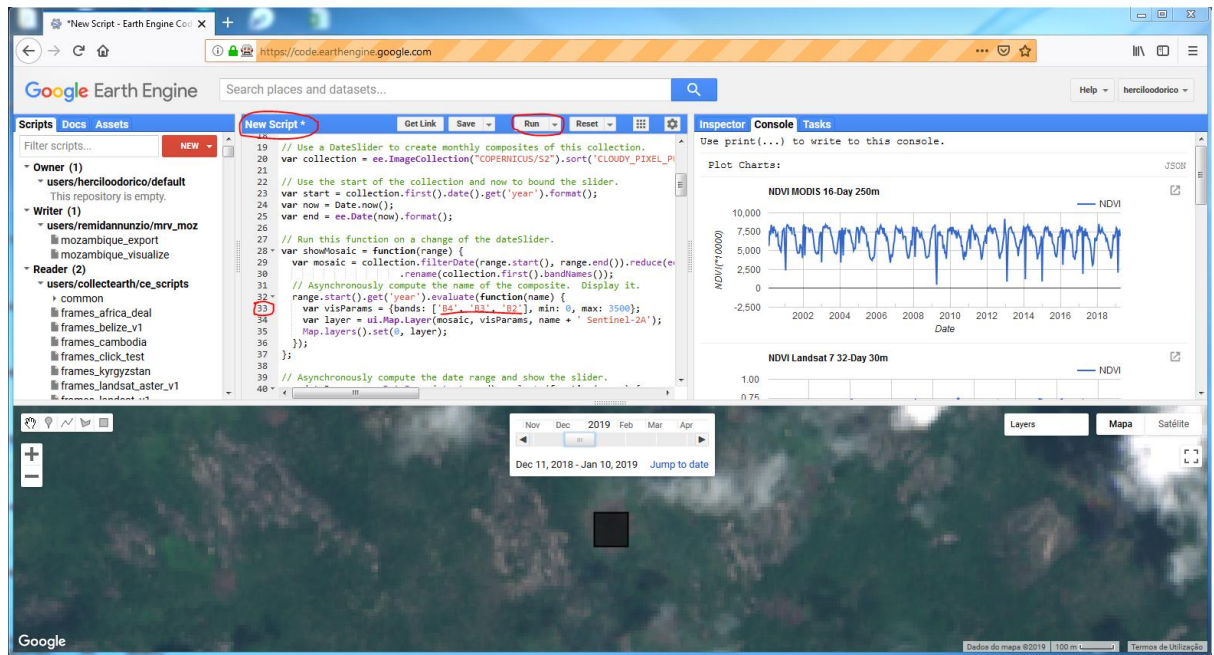


Figura 52 Configuração do conteúdo do script

No painel “Console” (Figura 53) são apresentados os gráficos de perfis temporais de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) gerados automaticamente.

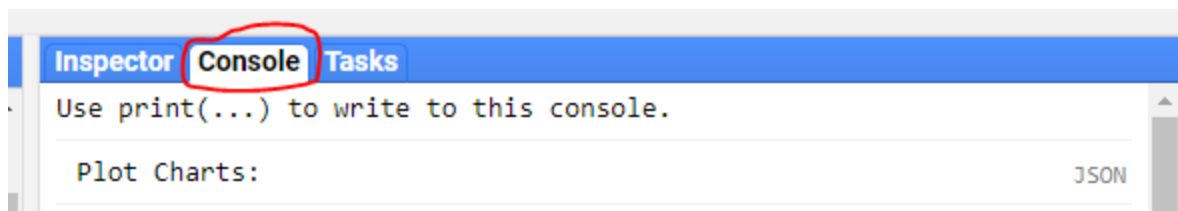


Figura 53 Painel “Console” do Google Earth Engine Code Editor

O gráfico de perfil temporal de NDVI varia consoante as condições do sítio e do tipo de vegetação. Seguem abaixo exemplos de representação gráfica de perfil temporal de NDVI para floresta sempre-verde, floresta decídua, corpo de água e solo exposto.

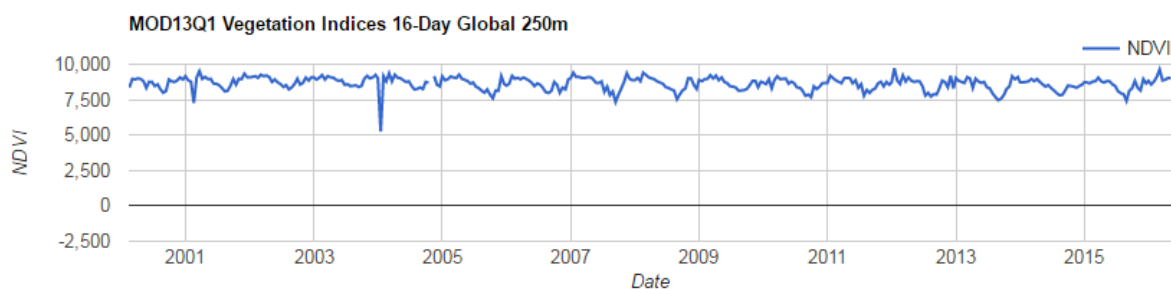


Figura 54 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para floresta sempre-verde

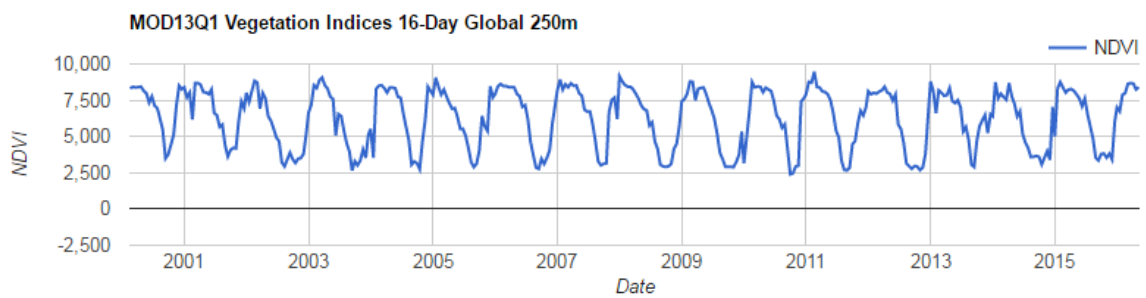


Figura 55 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para floresta decídua

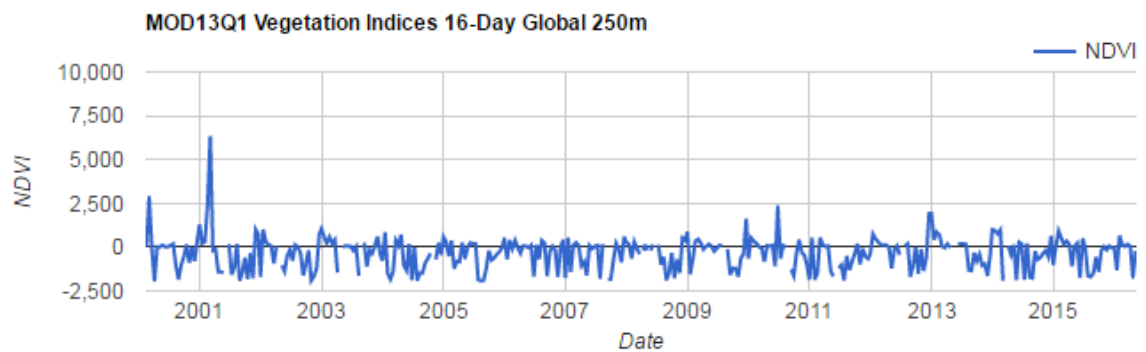


Figura 56 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para corpo de água

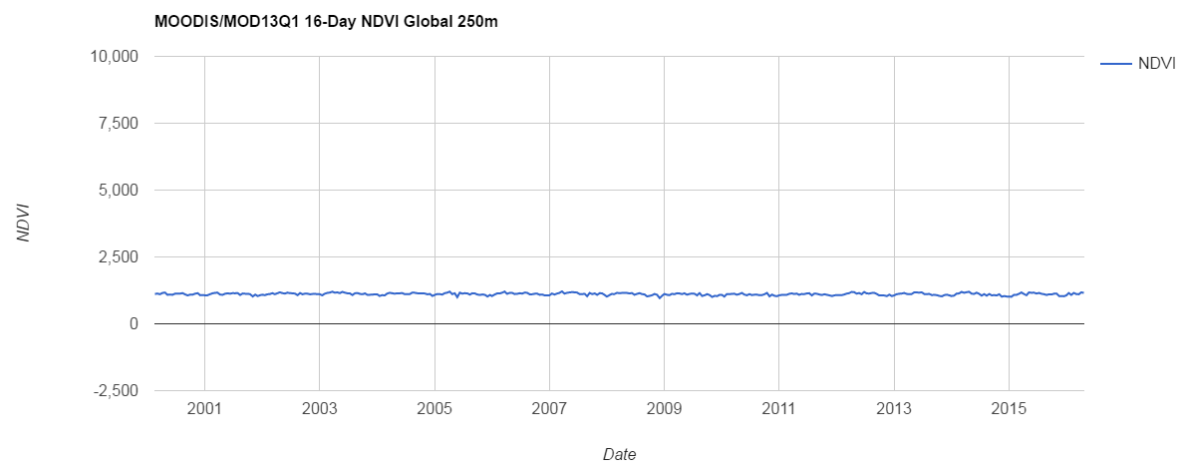


Figura 57 Representação gráfica de perfil temporal de NDVI para solo exposto

Com as janelas do GEP e das outras plataformas (*Bing Maps, Planet labs basemaps, Google Earth Engine – Explorer e Code Editor*) abertas e temporariamente configuradas (dependendo da disposição da UA, pode haver necessidade de mudar as configurações), pode-se iniciar o levantamento de LULUCF da área de interesse, seguindo para a janela do formulário aberto na janela do GEP.

O levantamento de LULUCF deve basear-se na interpretação visual multitemporal de imagens de satélite de média a alta resolução disponíveis no GEP, *Bing Maps*, *Planet labs basemaps*, *Google Earth Engine Explorer* e *Code Editor* como ilustra a Figura 58, que permita compilar cronologicamente e com completude, precisão e transparência as mudanças ou permanência do uso de terra na UA durante o período de análise definido.

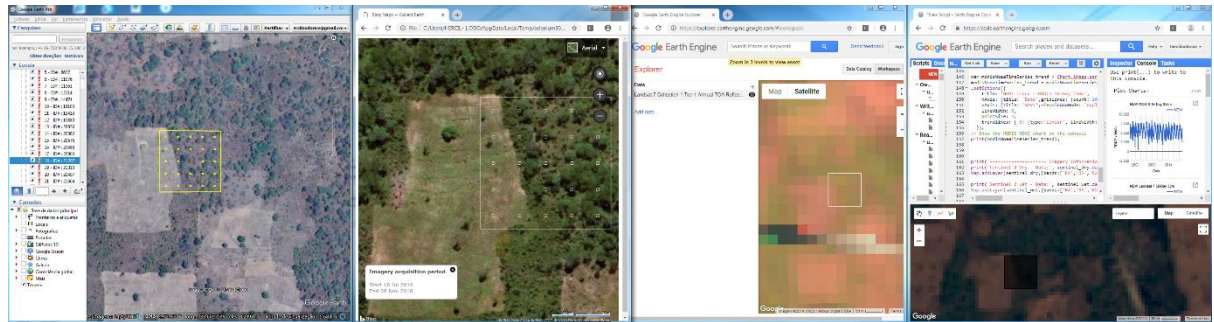


Figura 58 Visualização simultânea da parcela da UA no GEP, Bing Maps, Google Earth Engine Explorer e Code Editor

Devem ser evitadas fontes de dados que possam enviesar a interpretação visual da unidade amostral. Particularmente, no contexto da avaliação da precisão, os dados do mapa anual de desmatamento não devem ser conhecidos pelo intérprete.

A interpretação visual deve ponderar cuidadosamente e com muita prudência o *zoom* de aproximação e de afastamento da imagem na posição onde se encontra a unidade amostral para recolher pistas contextuais da paisagem, que são subsídios imprescindíveis para uma melhor classificação dos vários tipos de uso e cobertura de terra.

Se o intérprete ainda precisar de algum esclarecimento ou informações adicionais, a interpretação visual da imagem pode ser realizada em combinação com dados auxiliares (por exemplo, dados de inventário florestal, mapas históricos de uso e cobertura da terra, etc.).

Independentemente da fonte de dados, o intérprete deve estar consciente da provável existência de incompatibilidade temporal entre o período de avaliação da unidade amostral e a fonte de dado disponível, que pode causar erros na classificação da unidade amostral. Portanto, o intérprete deve garantir que os dados sejam colectadas para o período de tempo definido.

4.9 LEVANTAMENTO DE LULUCF

1º. Atribuir a percentagem de cobertura

O formulário de levantamento do LULUCF apresenta em primeiro plano a aba com a descrição “Elementos”, que consiste na atribuição de peso de cobertura percentual dos diferentes elementos observados na parcela da UA com base na imagem mais actual (dos últimos meses do ano ou período de interesse – de preferência com a imagem *Sentinel*).

O peso é atribuído apenas aos elementos em que as subunidades de 5x5 da parcela de 1ha (100mx100m) da UA sobrepõem-os como ilustra a Figura 59. Cada subunidade tem um peso de cobertura de 4%, por conseguinte o peso de cobertura total de cada elemento na UA é o resultado da contagem do número de subunidades que sobrepõem um elemento específico multiplicado por 4%.

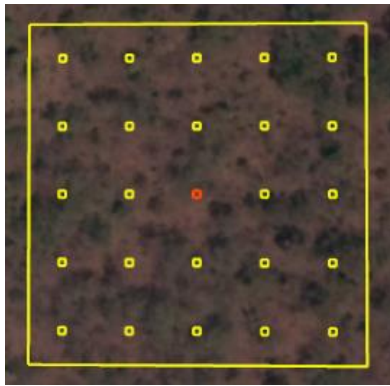


Figura 59 Visão geral da parcela da UA

Os diferentes elementos observáveis e discrimináveis na UA podem ser árvores (florestais), arbustos, matagais, gramíneas, solo exposto, cultivos (árvores agrícolas e cultivo agrícola), rio, lago, infraestrutura (estradas, casa, edifícios). Após a finalização de atribuição de pesos aos elementos, clique em “Seguinte” como ilustrado na Figura 60.

Elemento	% de cobertura
Arvores	Nao aplicavel
Arbustos	Nao aplicavel
Matagais	Nao aplicavel
Gramineas	Nao aplicavel
Solo Exposto	Nao aplicavel
Cultivo nao arboreo/arbustivo	Nao aplicavel
Cultivo arboreo/arbustivo	Nao aplicavel
Rio	Nao aplicavel
Lago	Nao aplicavel
Infraestrutura	Nao aplicavel

Figura 60 Visão geral da aba “Elementos” da janela do formulário de levantamento do LULUCF

2º. Classificar o uso de terra actual

A segunda aba do formulário de levantamento do LULUCF tem a descrição “Uso de terra actual”, consistindo em atribuir uma classe e suas respectivas subclasses do uso de terra actual da UA, baseando-se nos pesos de cobertura percentual dos elementos registados na aba “Elementos” e na árvore de decisão ilustrada na Figura 61 para determinar o uso da terra. Esta árvore de decisão estabelece uma estrutura hierárquica de classificação baseada na percentagem de cobertura dos elementos e tendo em conta a definição nacional de florestas. Isto é, se a parcela da UA contém $\geq 30\%$ de cobertura de árvores florestais é classificada como floresta, porque a regra da hierarquia de classificação considera a floresta como prioritária mesmo que haja elementos de outros usos de terra com percentagem superior.

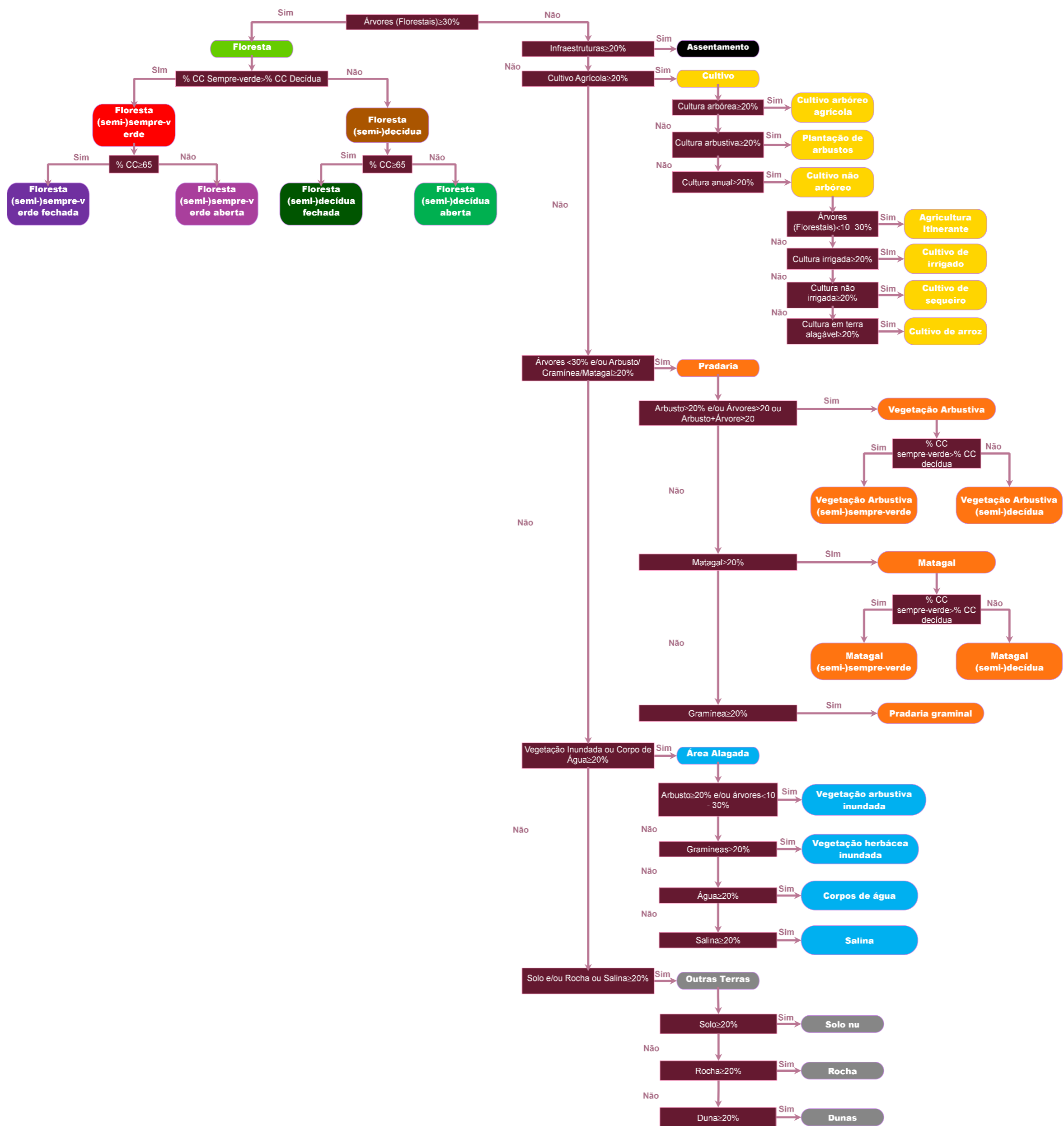


Figura 61 Árvore decisão para a classificação de UCT

Após a atribuição da classe de UCT actual da UA é atribuída a mesma as suas respectivas subclasses de UCT se aplicáveis de acordo com o sistema nacional de classificação de UCT e o seu estado de confiança para cada atribuição como ilustrado na Figura 62. A Tabela 4 descreve as diferentes subclasses de UCT para a correcta classificação da UA. Depois de terminado o preenchimento do folheto, clique em “Seguinte” como ilustrado na Figura 62.

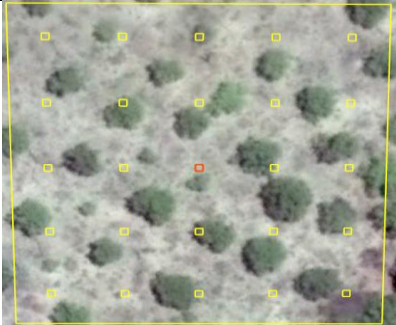

The image shows a software interface for land use classification. On the left, a satellite map is visible with a yellow box highlighting a specific area. Overlaid on the map is a form titled 'Uso da terra actual'. The form has several tabs at the top: 'Elementos', 'Uso da terra actual' (highlighted in red), 'RS info (atual)', 'Mudança no uso da terra', and 'RS info (antiga)'. The main content area is divided into sections:



- Uso da terra. Categoria nacional:** A grid of buttons for 'Cultivos', 'Florestas' (selected), 'Pradarias', 'Áreas alagadas', 'Áreas urbanas', and 'Outras Terras'.
- Confiança categoria nacional:** Buttons for 'Sim' (selected) and 'Não'.
- Classe nacional:** A dropdown menu showing 'Floresta (Semi-) decídua aberta'.
- Confiança classe nacional:** Buttons for 'Sim' (selected) and 'Não'.
- Subclasse nacional:** A dropdown menu showing 'Miombo aberto'.
- Confiança subclasse nacional:** Buttons for 'Sim' (selected) and 'Não'.



At the bottom of the form, there is a logo for 'openforis COLLECT EARTH' and two navigation buttons: 'Anterior' and 'Seguinte'.

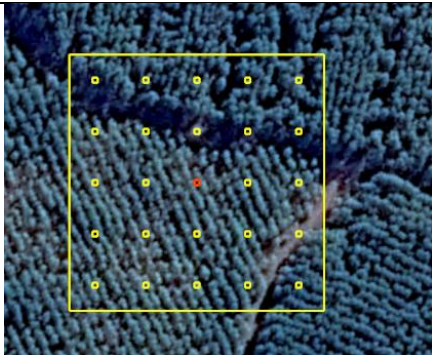


Figura 62 Visão geral da aba “Uso da terra actual” da janela do formulário de levantamento do LULUCF




Tabela 4 Interpretação das (sub)classes de UCT


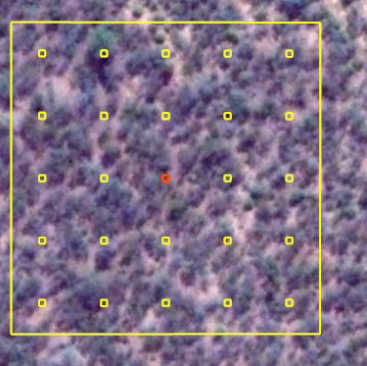

Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
Área Agrícola	Cultivo arbóreo agrícola	I	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos arbóreos agrícolas (p.e., coqueiros, mangueiras, macadâmia, cajueiros, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas.	
	Cultivo não arbóreo	Plantação de arbustos (Chá)	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos arbustivos agrícolas (p.e., bananeira, chá, macadâmia, cana-de-açúcar, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou cultivos arbóreos agrícolas.	



Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
		Cultivo de sequeiro	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos agrícolas não arbóreos (p.e., hortaliças, tubérculos, cereais, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$ e dependência total da distribuição das precipitações para o seu desenvolvimento, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou cultivos arbóreos agrícolas ou cultivos arbustivos agrícolas.	
		Cultivo irrigado	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos agrícolas não arbóreos (p.e., hortaliças, tubérculos, cereais, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$ e dependência parcial (época chuvosa) ou total (época seca) da irrigação para o seu desenvolvimento, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou cultivos arbóreos agrícolas ou cultivos arbustivos agrícolas.	




Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
		Cultivo de arroz	Terra húmida com uma área mínima de 1ha, dominada pela cultura de arroz com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou cultivos arbóreos agrícolas ou cultivos arbustivos agrícolas ou outro cultivo agrícola não arbóreo.	
Agricultura itinerante com áreas de florestas abertas e fechadas		I	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos agrícolas não arbóreos (p.e., hortaliças, tubérculos, cereais, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$ e dependência parcial (época chuvosa) ou total (época seca) da irrigação para o seu desenvolvimento, apresentando, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ e $\geq 10\%$ de árvores (florestais) e, possivelmente, $<20\%$ de infraestruturas.	

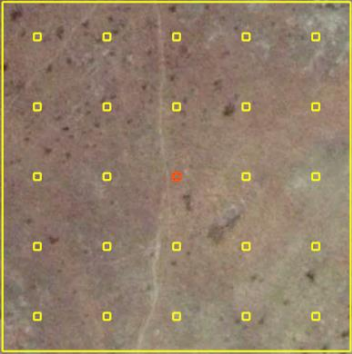


Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
Floresta	Plantação Florestal	-	Terra com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas exóticas (p.e., pinheiros e eucaliptos) com pelos menos 3m de altura e com uma cobertura de copa $\geq 30\%$.	
	Floresta (semi-) sempreverde fechada	Floresta costeira densa	Terra ao longo da zona costeira com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.	
		Mangal denso	Terra de transição entres os ambientes terrestre e marinho com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas sempre-verdes com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.	




Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
		Mecrusse denso	Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos sempre-verdes da espécie <i>Androstachys johnsonii</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.	
		Floresta galeria	Terra ao longo dos rios ou áreas alagadas com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 30\%$.	
		Floresta (semi-) sempreverde de montanha fechada	Terra com uma área mínima de 1ha e altiude maior que 300m, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.	


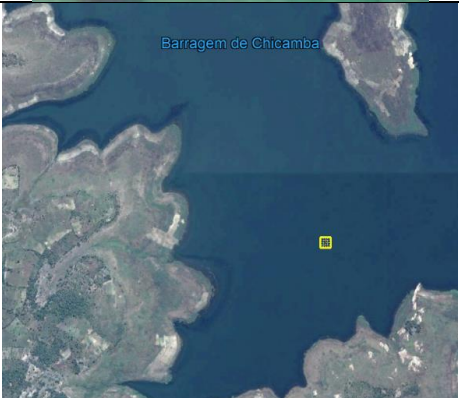

Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
Floresta (semi-) decídua fechada	Miombo denso		Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos (semi-)decíduos dos géneros <i>Brachystegia</i> e <i>Julbernardia</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.	
			Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos decíduos da espécie <i>Colophospermum mopane</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.	
	Floresta costeira aberta		Terra ao longo da zona costeira com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $< 65\%$ e $\geq 30\%$.	


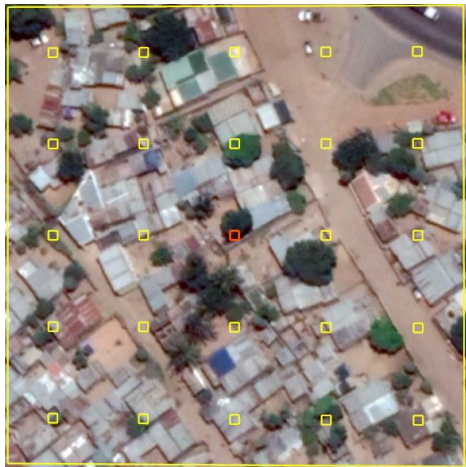
Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
		Mangal aberto	Terra de transição entres os ambientes terrestre e marinho com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas sempre-verdes com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de < 65% e \geq 30%.	
		Mecrusse aberto	Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos sempre-verdes da espécie <i>Androstachys johnsonii</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de < 65% e \geq 30%.	


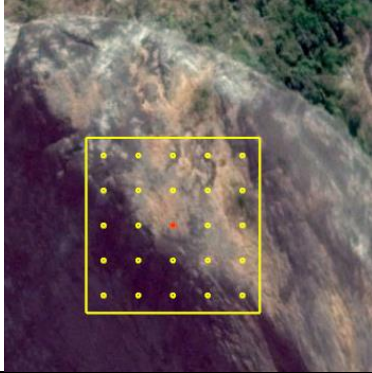
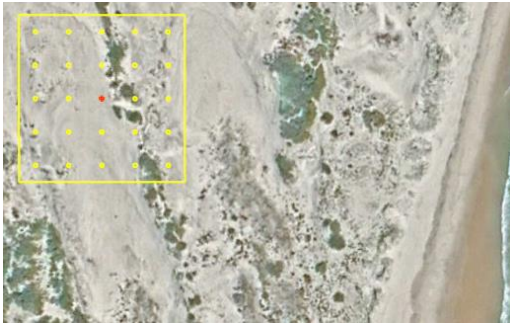
Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
Floresta (semi-) decídua aberta		Floresta (semi-) sempreverde de montanha aberta	Terra com uma área mínima de 1ha e altitude maior que 300m, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos 3m de altura e uma cobertura de copa de $< 65\%$ e $\geq 30\%$.	
		Miombo aberto	Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos (semi-)decíduos dos géneros <i>Brachystegia</i> e <i>Julbernardia</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $< 65\%$ e $\geq 30\%$.	
		Mopane aberto	Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos decíduos da espécie <i>Colophospermum mopane</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $< 65\%$ e $\geq 30\%$.	

Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
Pradaria	Pradaria	-	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por gramíneas com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma de cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou arbustos.	
	Matagal	Matagal (semi-) sempreverde	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada pela vegetação arbustiva (semi-)sempre-verde fechada com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma de cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou de gramíneas.	
		Matagal (semi-) decíduo	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada pela vegetação arbustiva (semi-)decídua fechada com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma de cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou de gramíneas.	

Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
	Vegetação arbustiva	Vegetação arbustiva (semi-) sempreverde	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada pela vegetação arbustiva (semi-)sempre-verde esparsa com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma de cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou de gramíneas.	
		Vegetação arbustiva (semi-) decídua	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada pela vegetação arbustiva (semi-)decídua esparsa com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma de cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou de gramíneas.	
Área Alagada	Área arbustiva permanente ou temporariamente	-	Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada, dominada por arbustos com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou pradaria.	

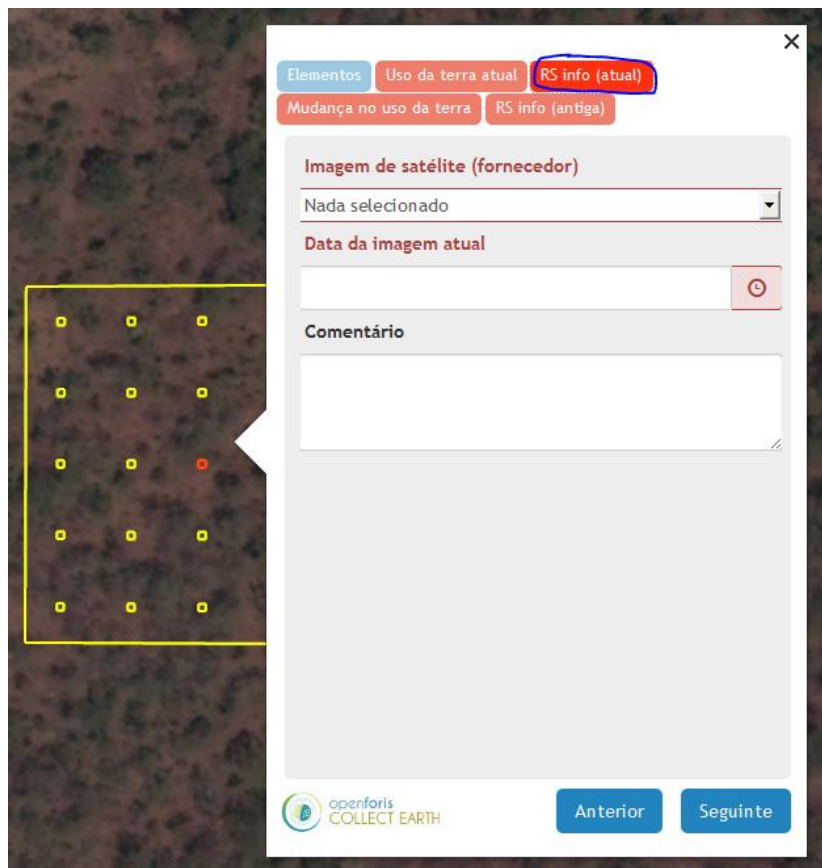
Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
	Área herbácea permanente ou temporariamente inundadas	I	Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada, dominada por gramíneas com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou arbustos.	
	Corpos de água artificiais	I	Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada, dominada pela água artificial (p.e., barragem, represa, tanques industriais, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou gramíneas ou arbustos ou rios ou lagos.	
	Corpos de água naturais	I	Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada, dominada por rio ou lago com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou gramíneas ou arbustos ou água artificial.	

Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
	Salinas		Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada, dominada por salina ou lago artificial de água salgada com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou gramíneas ou arbustos ou água artificial ou rio ou lago.	
Assentamento (Área Urbana)			Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por infraestruturas (p.e., casas, estradas, linha férrea, edifícios, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais).	

Classe	Subclasse		Descrição	Ilustração
	Nível 2	Nível 3		
Outras Terras	Solo nu	Solo nu	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por solo sem vegetação com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou gramíneas ou arbustos ou rios ou lagos.	
	Rocha sem vegetação	Rocha sem vegetação	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por rochas sem vegetação com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou gramíneas ou herbáceas ou arbustos ou rios ou lagos ou solo.	
	Duna	Duna	Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por colina de areia sem vegetação à beira-mar com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores (florestais) e $<20\%$ de infraestruturas ou área agrícola ou gramíneas ou arbustos ou herbáceas ou rios ou lagos ou solo ou rocha.	

3º. Registrar a imagem mais actual

A terceira aba do formulário de levantamento do LULUCF tem a descrição “RS info (actual)”, que consiste no registo dos detalhes sobre a imagem utilizada para preencher as abas anteriores do formulário, isto é a fonte da imagem e a data da mesma, incluindo se necessário alguma descrição relevante (p.e., eventos intermédios, possíveis causas para futura mudança do uso de terra actual, características especiais na imagem, etc.) no campo “Comentário” como ilustrado na Figura 63. Após o registo dos detalhes, clique em “Seguinte” como ilustrado na Figura 63.



The screenshot displays the 'RS info (actual)' tab of the LULUCF survey form. The interface includes a satellite image on the left with a yellow box highlighting a specific area. The main form area contains the following fields:

- Imagem de satélite (fornecedor):** A dropdown menu currently showing 'Nada seleccionado'.
- Data da imagem atual:** A date input field with a calendar icon.
- Comentário:** A large text area for entering details.

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Anterior' and 'Seguinte'. The 'RS info (actual)' tab is highlighted in red, and the 'openforis COLLECT EARTH' logo is visible in the bottom left corner.

Figura 63 Visão geral da aba “RS info (actual)” da janela do formulário de levantamento do LULUCF

4º. Classificar a mudança ou permanência do UCT

A quarta aba do formulário de levantamento do LULUCF tem a descrição “Mudança no uso da terra”, que consiste na atribuição da classe de transição (mudanças ou conversões) ou manutenção (permanência) do UCT, mediante uma observação minuciosa de todas imagens anteriores (são as imagens antigas) a imagem registada na aba “RS info (actual)” durante o ano ou período de análise de LULUCF e compará-las com esta última.

As classes de transição ou manutenção do UCT estão listadas em códigos como ilustrado na Figura 64, significando:

- a) C>C – Cultivo ou Área Agrícola permanecendo Cultivo ou Área Agrícola;
- b) F>F – Floresta ou permanecendo Floresta;
- c) P>P – Pradaria permanecendo Pradaria;
- d) A>A – Área Alagada permanecendo Área Alagada;
- e) U>U – Assentamentos ou Área Urbana ou permanecendo Assentamentos ou Área Urbana;
- f) O>O – Outras Terras permanecendo Outras Terras;
- g) T>C – Terra (p.e, Floresta ou Pradaria ou Área Alagada ou Assentamento ou Outra Terra) convertida para Cultivo ou Área Agrícola;
- h) T>F – Terra (p.e, Área Agrícola ou Pradaria ou Área Alagada ou Assentamento ou Outra Terra) convertida para Floresta;
- i) T>P – Terra (p.e, Área Agrícola ou Floresta ou Área Alagada ou Assentamento ou Outra Terra) convertida para Pradaria;
- j) T>A – Terra (p.e, Área Agrícola ou Floresta ou Pradaria ou Assentamento ou Outra Terra) convertida para Área Alagada; e
- k) T>U – Terra (p.e, Área Agrícola ou Floresta ou Pradaria ou Área Alagada ou Outra Terra) convertida para Área Urbana ou Assentamentos.



Figura 64 Classes de mudança ou manutenção do UCT

Em caso de atribuição de uma classe de transição é necessário o registo da classe de UCT convertida e suas respectivas subclasses se aplicáveis de acordo com o sistema nacional de classificação de UCT, dando o seu estado de confiança para as atribuições como ilustrado na Figura 65.

Elementos Uso da terra atual RS info (atual)

Mudança no uso da terra RS info (antiga)

T>A T>O

Uso da terra antigo categoria nacional

Cultivos Florestas

Pradarias Áreas alagadas

Áreas urbanas Outras Terras

Confiança categoria nacional

Sim Não

Uso da terra antigo classe nacional

Cultivos não arbóreos

Confiança classe nacional

Sim Não

Uso da terra antigo subclasse nacional

Cultivado sequeiro

Confiança subclasse nacional

Sim Não

Anterior Seguinte

openforis
COLLECT EARTH

Figura 65 Registo da classe de UCT convertida e suas respectivas subclasses

Por outro lado, ao observar-se a permanência para a classe de floresta, é necessário a confirmação e registo da ocorrência de degradação florestal. Se houver confirmação da degradação, é registada a perda percentual da cobertura de elemento desta classe, a classe e as subclasses de UCT antes da degradação, como ilustrado na Figura 66.

X

Elementos
Uso da terra atual
RS info (atual)

Mudança no uso da terra
RS info (antiga)

Lulc Change

C>C	F>F
P>P	A>A
U>U	O>O
T>C	T>F
T>P	T>A
T>A	T>O

Degradação

Sim Não

Mudança estimada na CD

20-29%

Confiança categoria nacional

Sim Não

Uso da terra antigo classe nacional

Floresta (Semi-) decídua aberta

Confiança classe nacional


Sim Não

Uso da terra antigo subclasse nacional

Miombo aberto

Confiança subclasse nacional

Sim Não



Anterior
Seguinte

Figura 66 Registo da ocorrência de degradação florestal

Se não houver registo de degradação florestal, confirma-se e regista-se o aumento peso percentual da cobertura do elemento desta classe se aplicável como ilustrado na Figura 67. Finalizado o preenchimento desta aba, clique em “Seguinte” como ilustrado na Figura 67.

Figura 67 Registo de degradação florestal

5º. Registrar a imagem mais antiga

A quinta aba do formulário de levantamento do LULUCF tem a descrição “RS info (antiga)”, que consiste no registo dos detalhes sobre a imagem mais antiga, na qual é observável e confirmável a manutenção ou o momento de ocorrência da transição da classe de UCT quando comparada com a imagem registada na aba “RS info (actual)” (a imagem mais actual). Os detalhes por registar são a fonte da imagem ou nome do satélite e seu respectivo nome do produto, e a data da mesma, incluindo se necessário alguma descrição relevante (p.e., eventos intermédios, características especiais na imagem, etc.) no campo “Comentário” como ilustrado na Figura 68. Após o registo dos detalhes, clique em “Enviar” como ilustrado na Figura 68 para salvar toda a informação inerente a UA preenchida no formulário e, por fim, clique em “Ok” (Figura 69) para seguir automaticamente para a próxima UA.



Figura 68 Visão geral da aba “RS info (antiga)” da janela do formulário de levantamento do LULUCF

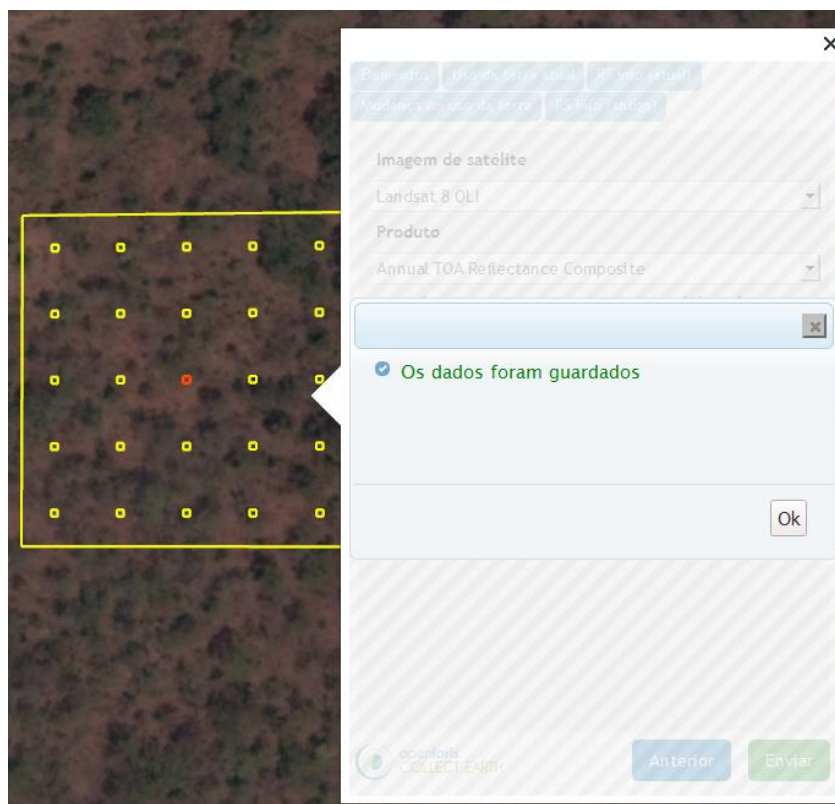



Figura 69 Mensagem de confirmação de que os dados registados da UA estão salvos

Quando a informação registada é salva, o ID da UA apresenta o ícone  como ilustrado na Figura 70.

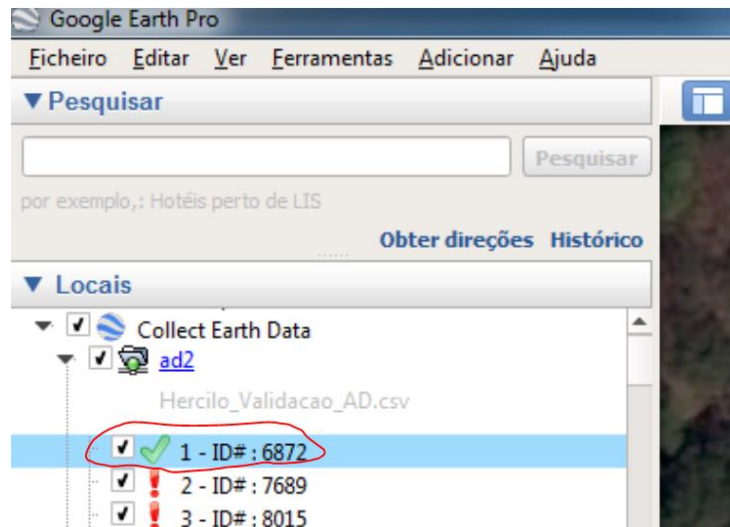


Figura 70 UA como dados registados e salvos

6º. Documentar desafios e limitações

Desafios e limitações devem ser registadas, bem como potenciais fontes de enviesamento durante a colecta de dados, usando uma planilha de controle de produtividade (como exemplificada na Tabela 5) compartilhada pelo gestor de colecta de dados por meio do Google Sheets e/ou no campo "Comentário" exibido no formulário de pesquisa (por favor, veja a Figura 63 e a Figura 68). Estes registos podem sugerir áreas para melhoramento.

Tabela 5 Estrutura da tabela da planilha de controle de produtividade

Planilha de controle de produtividade							
Área de interesse:							
Ano de monitoria:							
Lote N °	Número de unidades amostrais	Nome do intérprete/operador	Número diário de unidades amostrais avaliadas			Observações e comentários	Status de progresso (%)
			dd-mm-aaaa	dd-mm-aaaa	...		
1	100	Nome + Sobrenome					
...					
Total							

4.10 ANÁLISE DE COERÊNCIA DOS DADOS REGISTRADOS

Após concluir o levantamento de LULUCF na área de interesse, é necessário observar e confirmar a coerência dos dados registados nos diferentes campos do formulário para as UAs. Esta observação e confirmação consiste em estabelecer uma tabela pivô com os diferentes campos de registo de dados no formulário imprescindíveis para a confirmação de coerência de informação.

Para estabelecer a tabela pivô segue para a janela do CE, seleccione o **Menu Ferramentas** e dê um clique de botão esquerdo do *mouse* em **Iniciar Análise SAIKU** como ilustra a Figura 71.

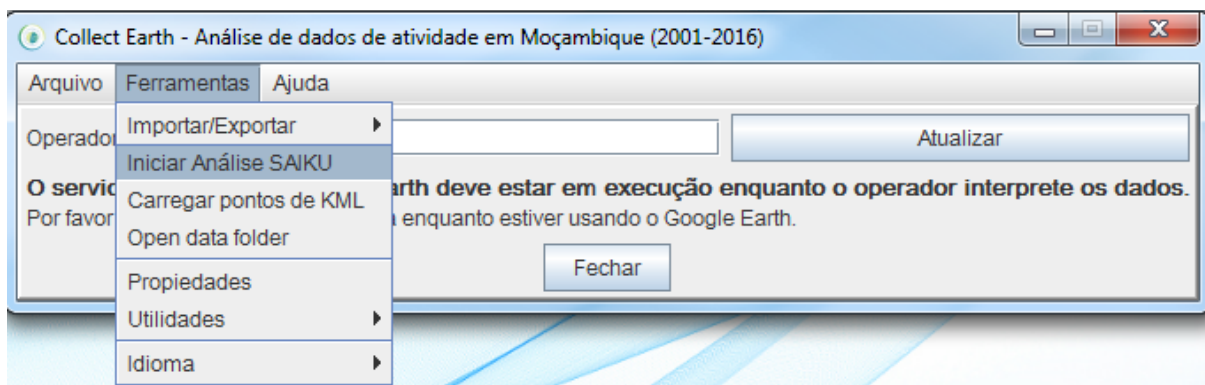


Figura 71 Iniciar a Análise SAIKU no CE

Uma janela denominada “Iniciando Saiku” é aberta automaticamente, na qual decorrem, sequencialmente, três tarefas, nomeadamente, Iniciando Saiku (Figura 72), *Preparing Saiku data for analysis* (Figura 73) e *Calculating expansion factors* (Figura 74).

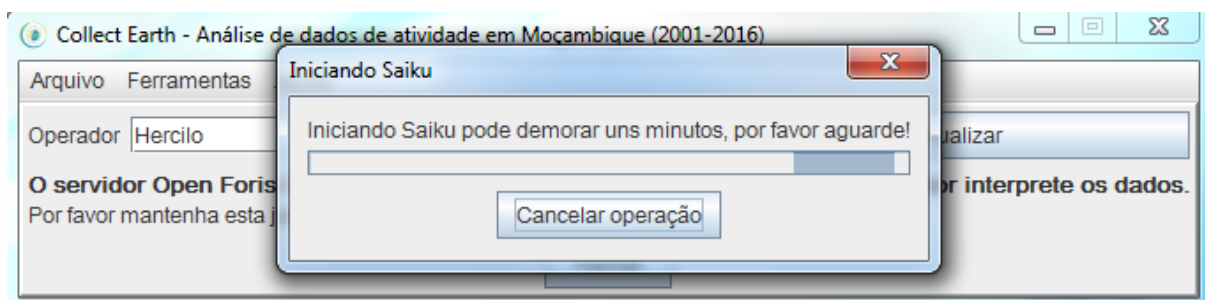


Figura 72 Iniciando Saiku no CE

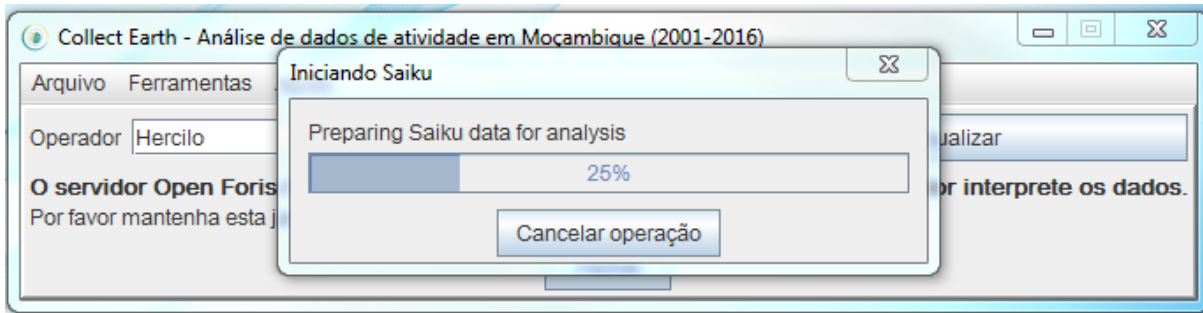


Figura 73 Preparing Saiku data for analysis no CE

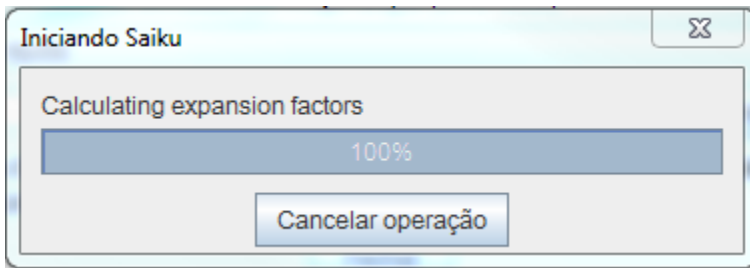


Figura 74 Calculating expansion factors no CE

Durante o decurso destas tarefas, é aberta automaticamente uma janela Java denominada “Tomcat” ilustrada na Figura 75, que não deve ser fechada quando a janela de análise de dados (Saiku for Collect Earth) está aberta.

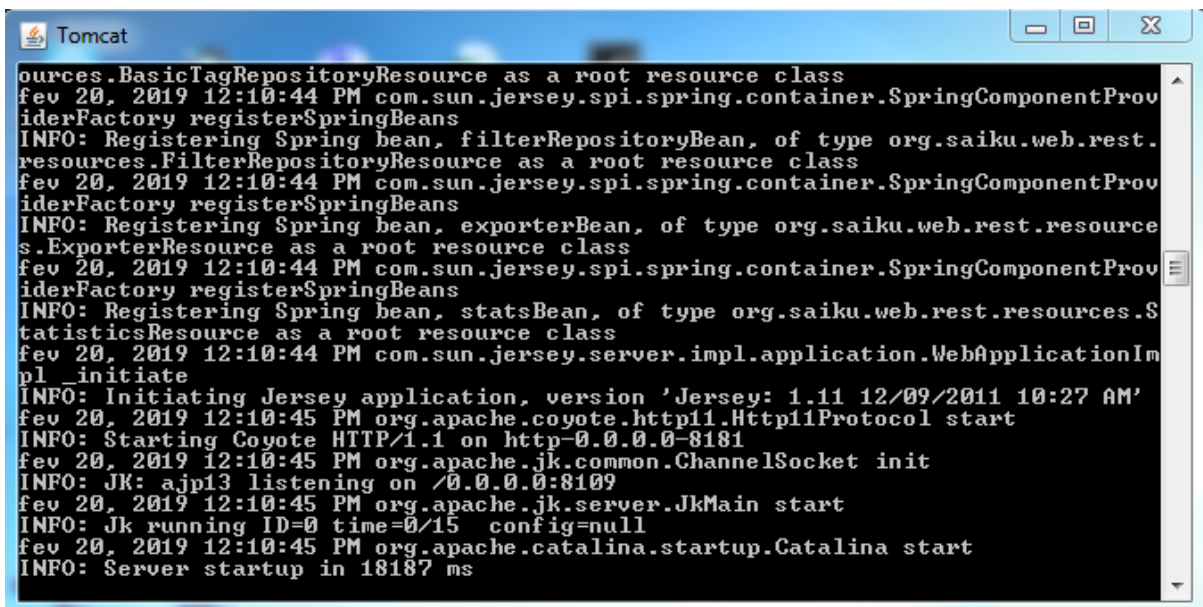


Figura 75 Janela “Tomcat”

Após a finalização das tarefas à 100%, é aberta automaticamente a janela “*Saiku for Collect Earth*” ilustrada na Figura 76, na qual é feita a análise de dados.

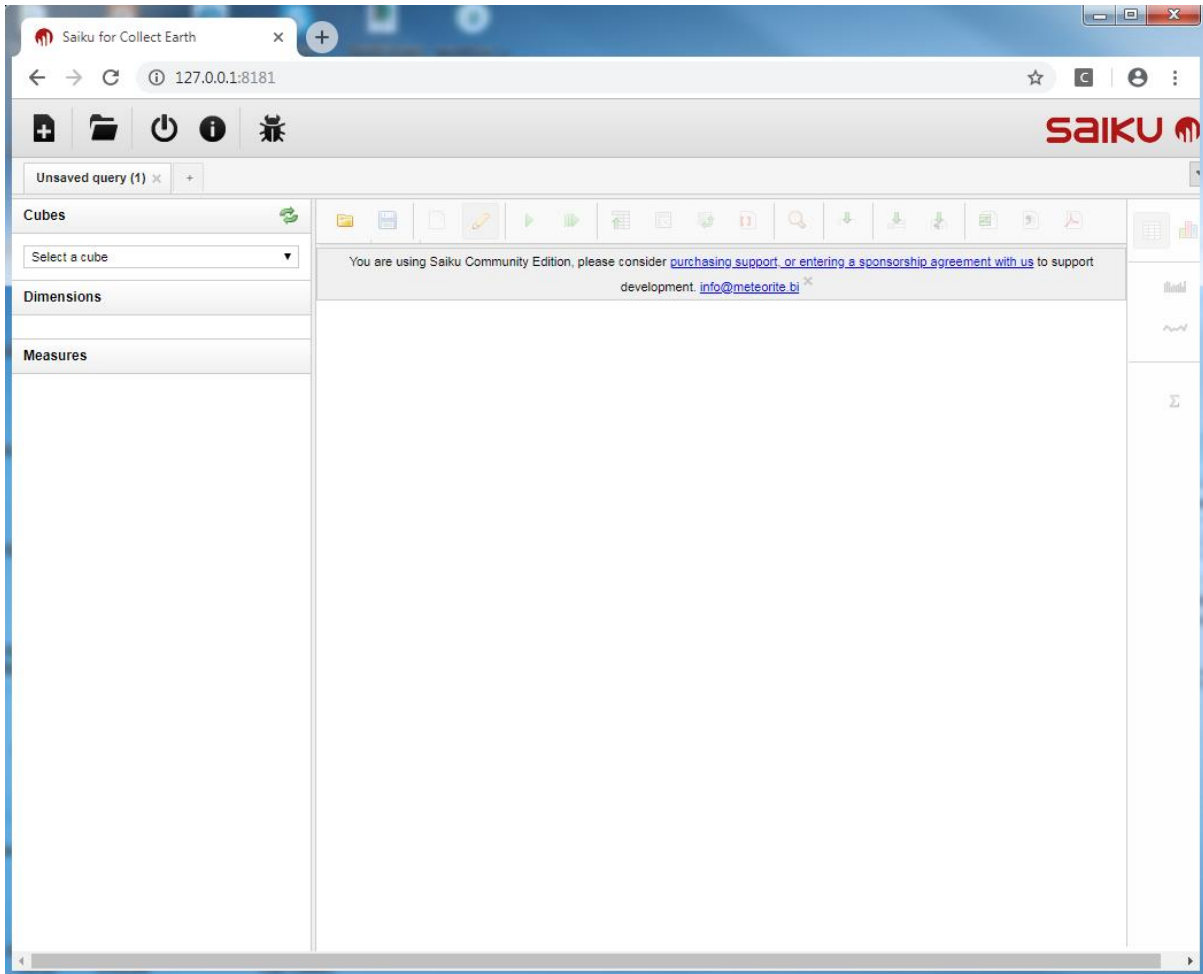


Figura 76 Janela “*Saiku for Collect Earth*”

Na janela “*Saiku for Collect Earth*”, segue para o campo com a descrição “*Select a cube*” e seleccione “*Collect Earth Plot*” como ilustra a Figura 77, permitindo que no painel “*Dimensions*” sejam listados todos campos de preenchimento estabelecidos no formulário como ilustrado na Figura 78.

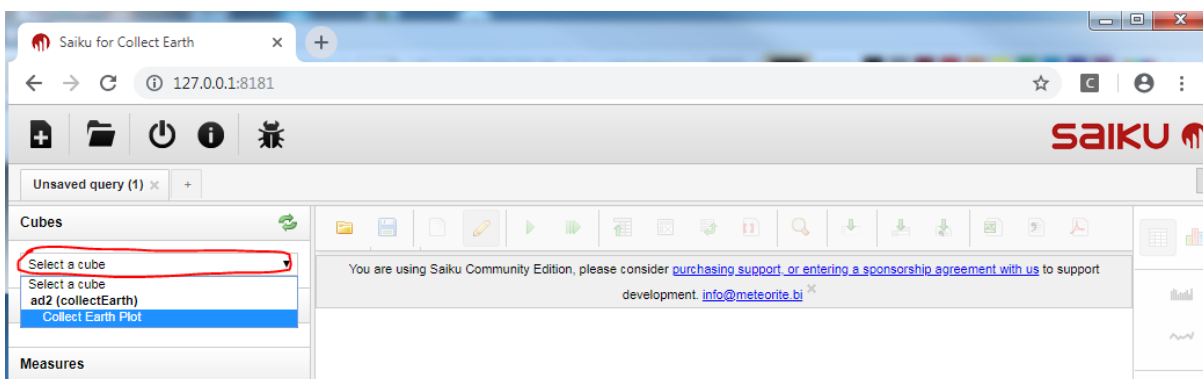


Figura 77 Selecção da fonte de dados, *Collect Earth Plot*

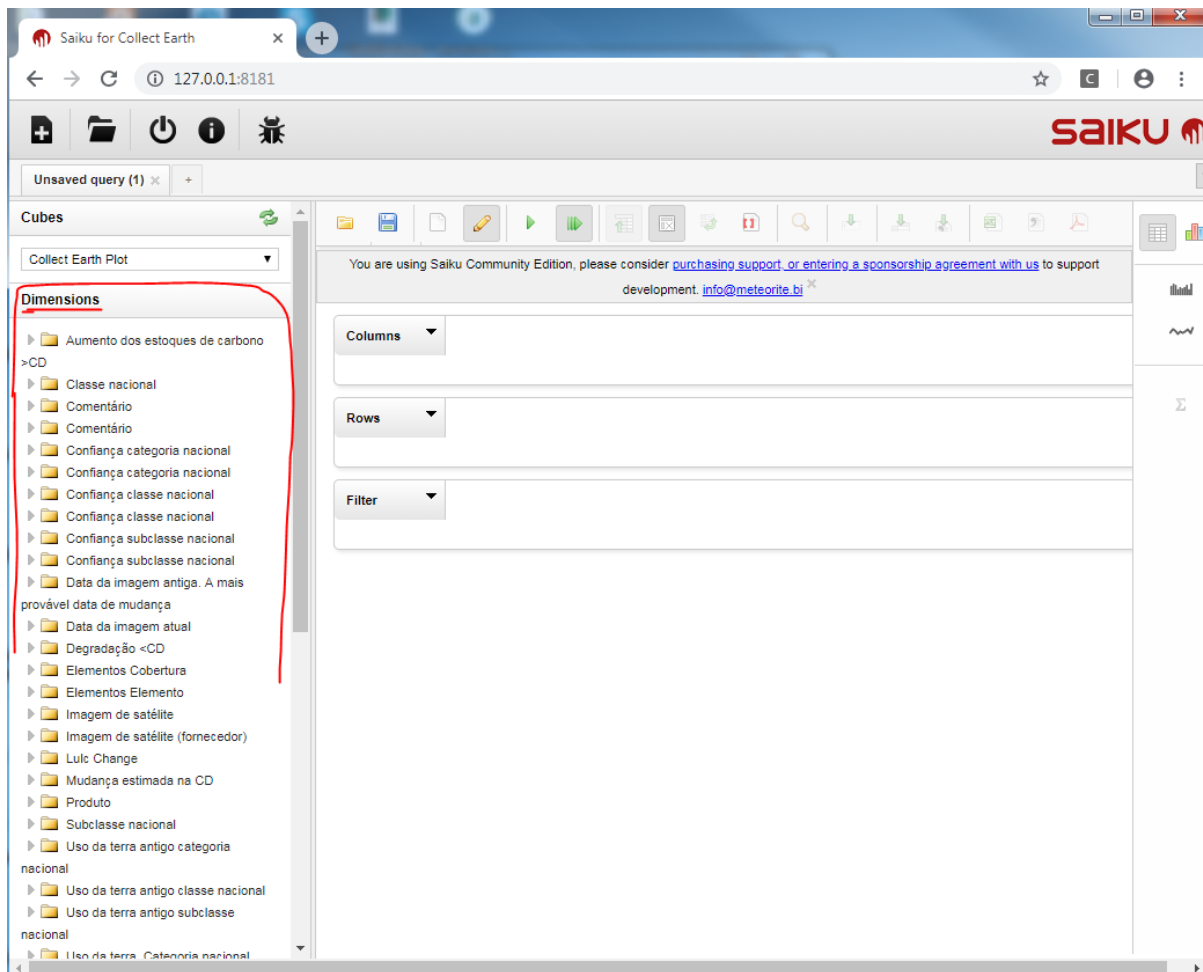


Figura 78 Painel “Dimensions” da janela “Saiku for Collect Earth”

A primeira tabela pivô é a combinação dos campos “*plot Count*” e “*guardado_ativamente*”. Esta combinação consiste em confirmar se todos campos do formulário para cada UA foram preenchidos e se a informação registada em cada UA foi salva, tendo na coluna “*guardado activamente*” as codificações: 0 – não salva e 1 – salva. No painel “*Dimensions*”, seleccione cada um dos campos destacados na Figura 79, arraste e ponha na coluna ou linha como ilustrado na Figura 80.

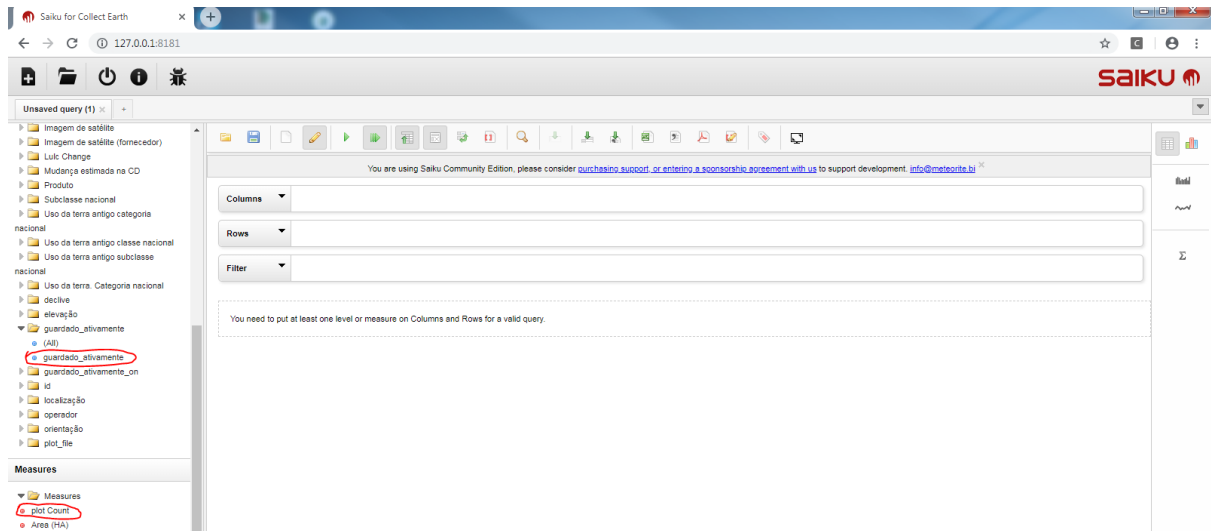


Figura 79 Seleção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação de salvagem dos dados registados na UA

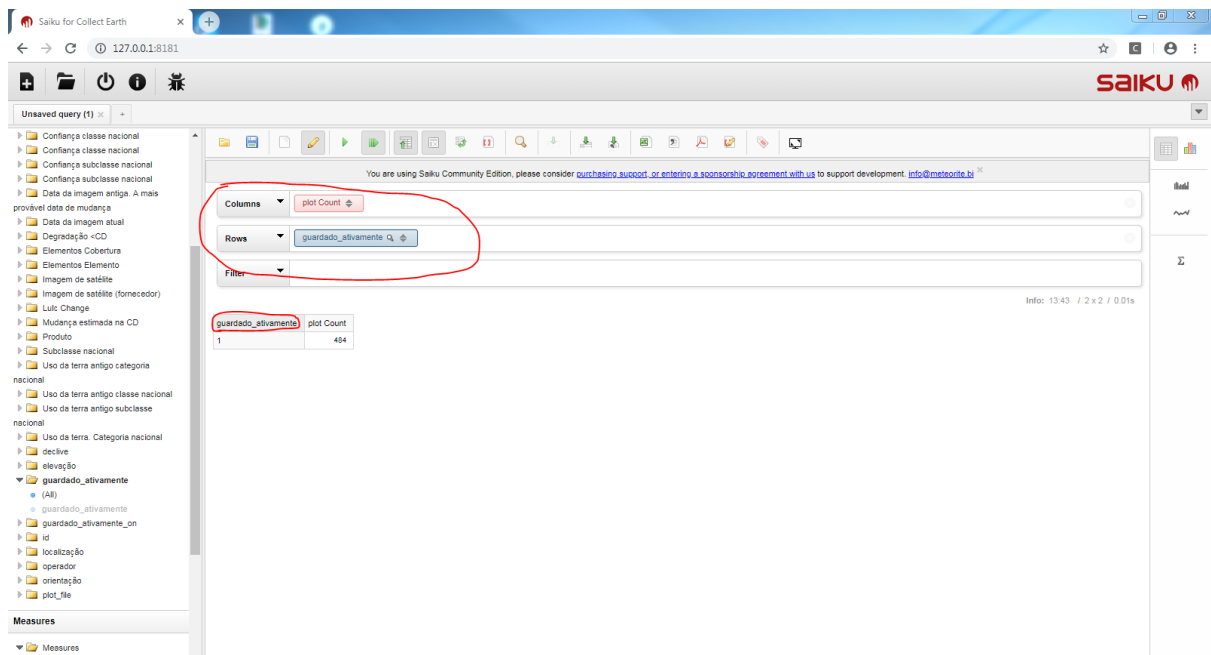


Figura 80 Tabela pivô para a confirmação de salvagem dos dados registados na UA

A terceira tabela pivô é a combinação dos campos “plot Count”, “Data da imagem atual - Year” e “Data da imagem antiga ou a mais provável data de mudança - Year”. Esta combinação consiste em confirmar se o ano registado da imagem antiga é antecedente ao ano da imagem actual. No painel *Dimensions*, seleccione cada um dos campos destacados na Figura 83, arraste e ponha na coluna ou linha como ilustrado na Figura 84.

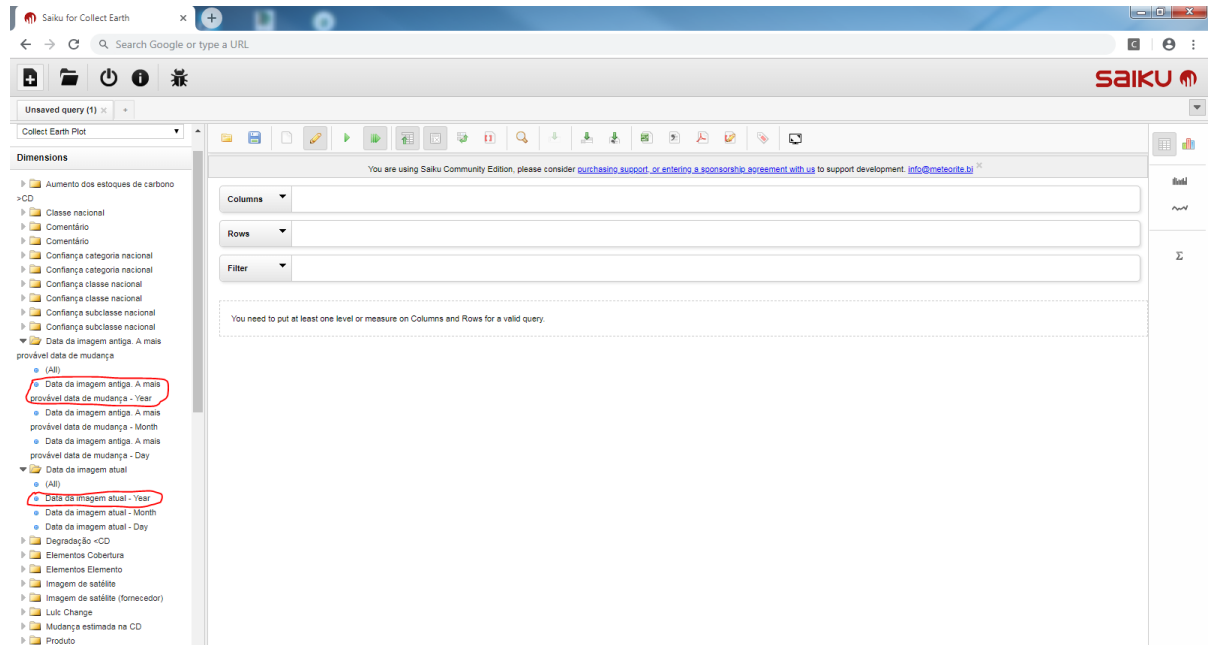


Figura 83 Seleção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação do ano das imagens registadas

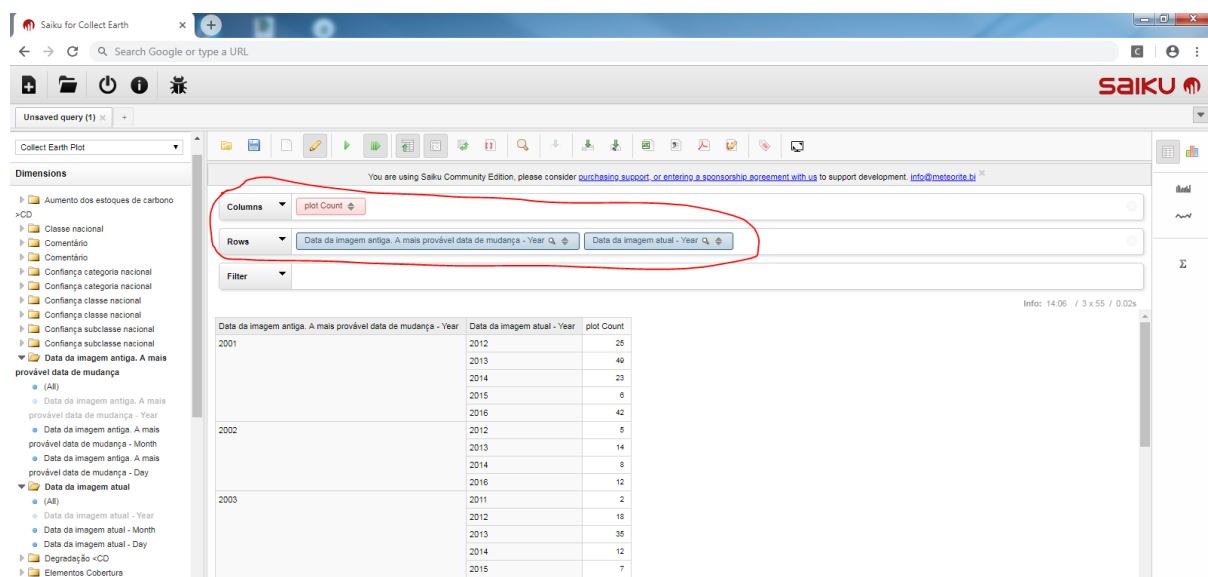


Figura 84 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação do ano das imagens registadas

A quarta tabela pivô é a combinação dos campos “plot Count”, “Uso da terra antigo categoria nacional”, “Lulc Change (contém a codificação das classes de mudança de UCT)” e “Uso da terra – Categoria nacional”. Esta combinação consiste em confirmar se as classes de transições (mudanças) ou manutenção (permanência) entres as classes de UCT estão correctas, quando compara-se o uso de terra antigo (coluna “Uso da terra antigo categoria nacional”) com o uso de terra actual (coluna “Uso da terra – Categoria nacional”). No painel *Dimensions*, seleccione cada um dos campos destacados na Figura 85, arraste e ponha na coluna ou linha como ilustrado na Figura 86.

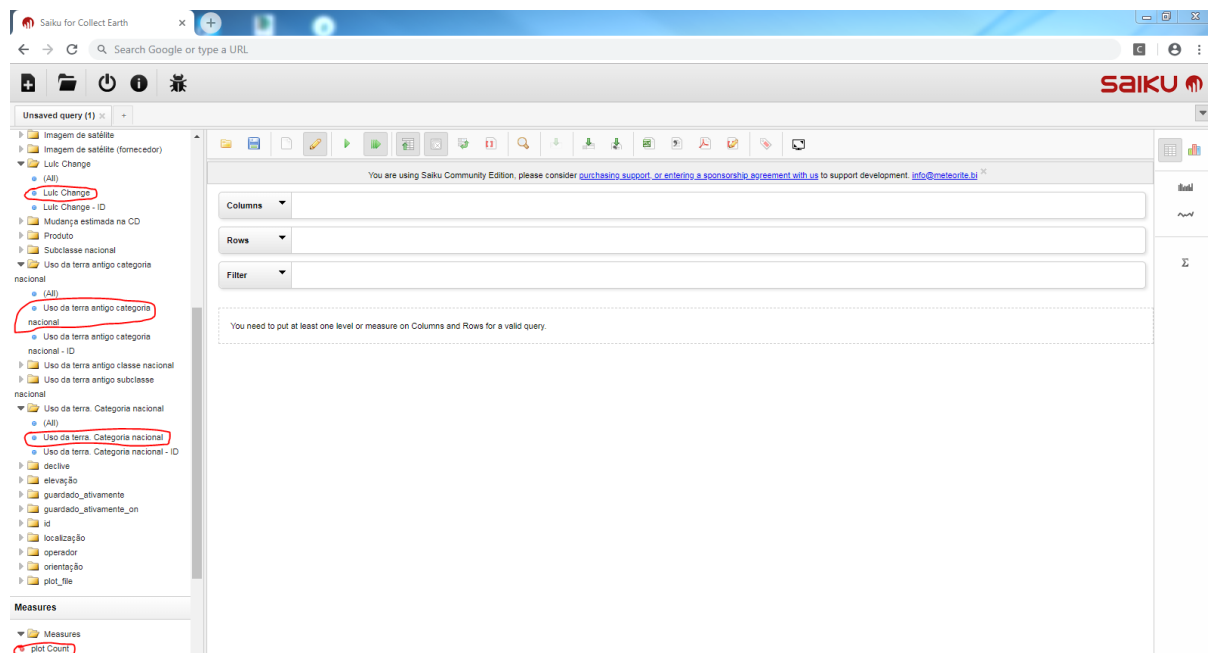


Figura 85 Seleção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de transição ou manutenção do UCT da UA

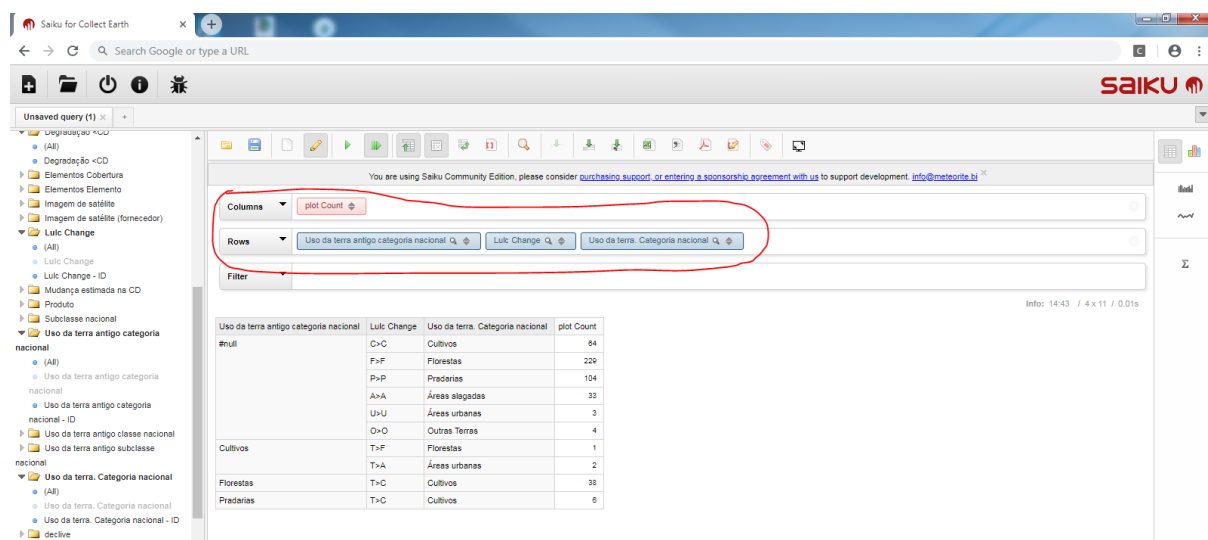


Figura 86 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de transição ou manutenção do UCT da UA

A quinta tabela pivô é a combinação dos campos “plot Count”, Cobertura, “Classe nacional”, “Elemento” e “Subclasse nacional”. Esta combinação consiste em confirmar se a UA classificada como floresta actualmente, é aberta (30 – <70%) ou fechada ($\geq 65\%$) em termos de cobertura da copa baseada no peso de ocupação do elemento árvore (floresta) na UA. No painel *Dimensions*, seleccione cada um dos campos destacados na Figura 87, arraste e ponha na coluna ou linha como ilustrado na Figura 88.

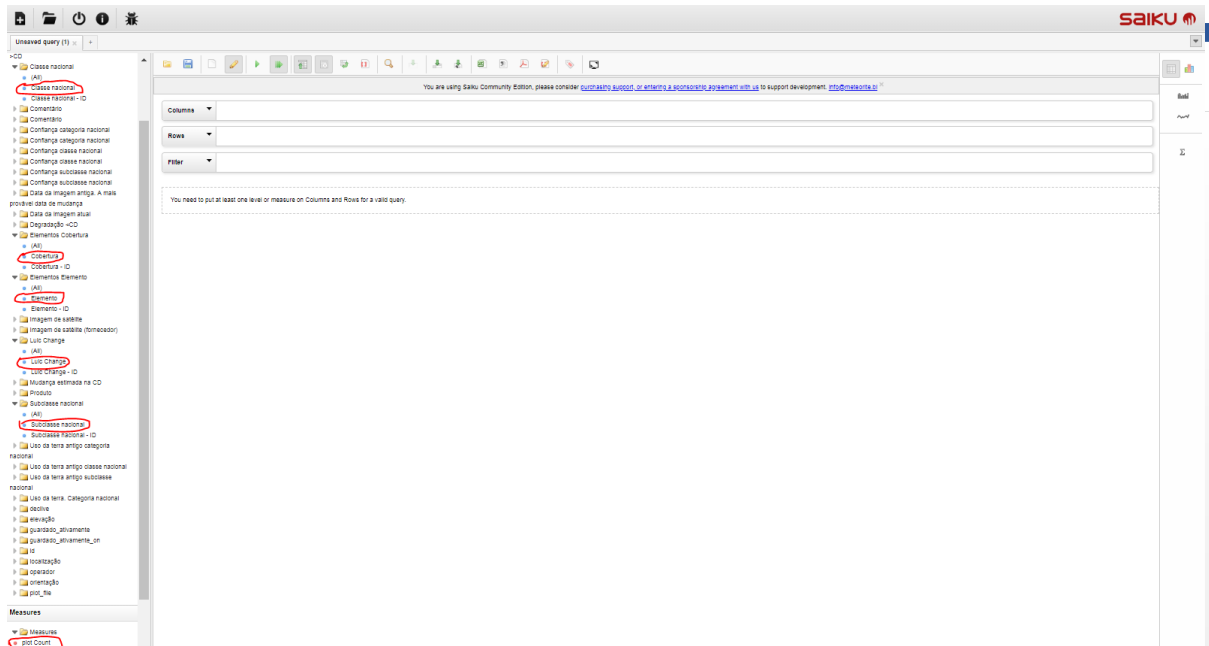


Figura 87 Seleção dos campos para o estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de cobertura de copa da floresta

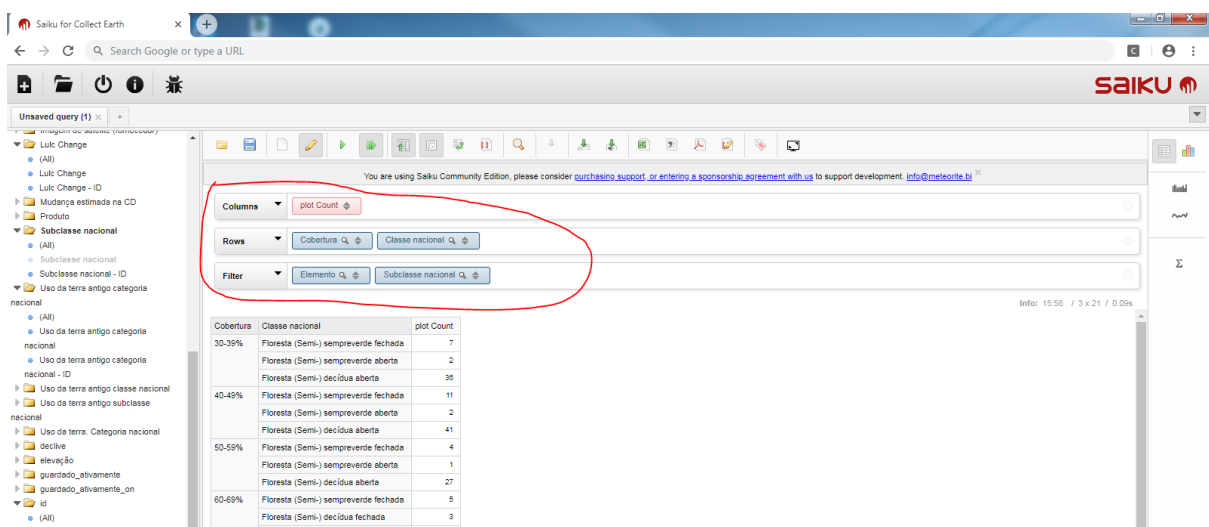


Figura 88 Estabelecimento da tabela pivô para a confirmação da classe de cobertura de copa da floresta

Os campos “Elemento” e “Subclasse nacional” precisam da selecção dos elementos por filtrar. Para o campo “Elemento”, seleccione o elemento “árvores”, clique no símbolo “>” (Figura 89) e, por fim, em “Ok” (Figura 90).

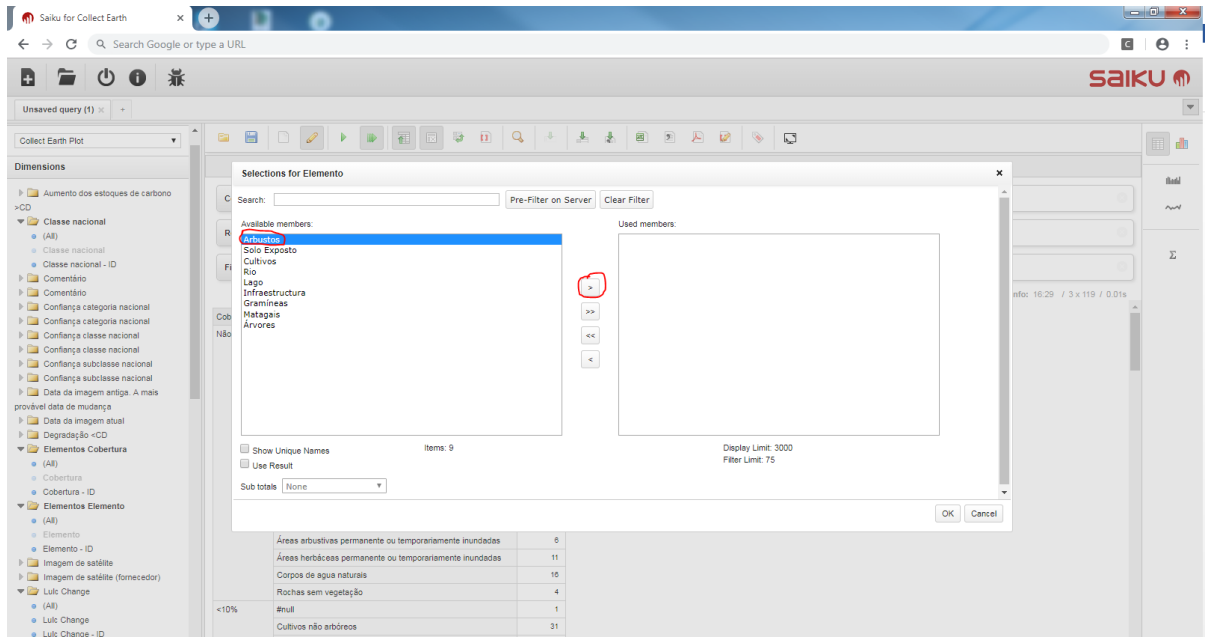


Figura 89 Selecção do elemento “árvores” no campo “Elemento” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta

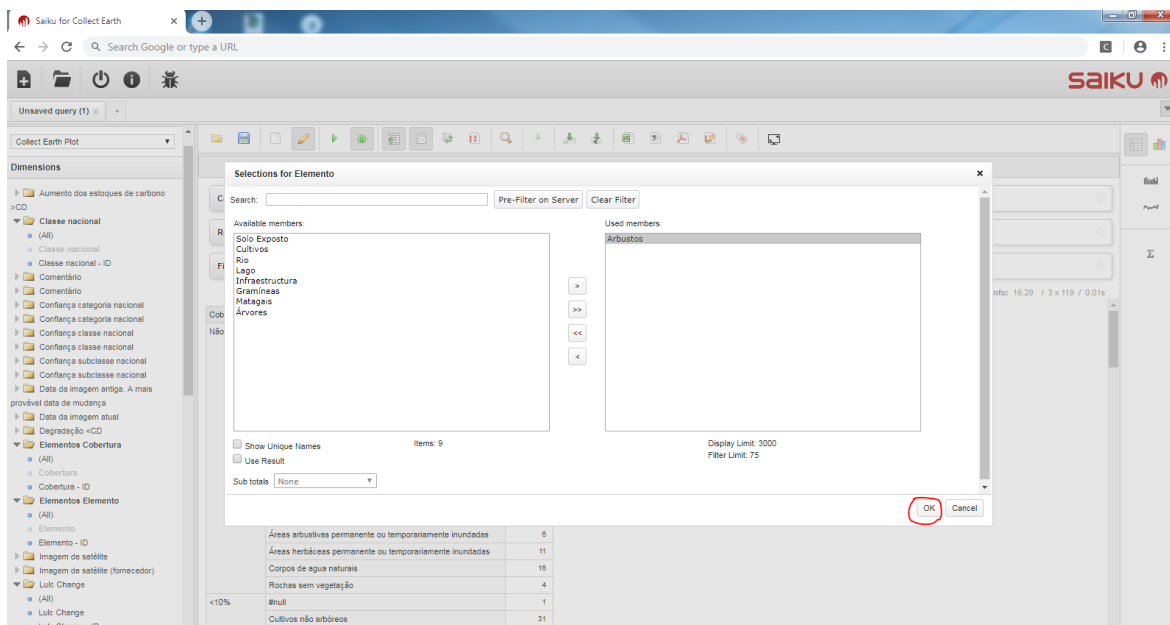


Figura 90 Confirmação da filtragem no campo “Elemento” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta

E para o campo “Subclasse nacional”, seleccione os elementos destacados na Figura 91, clique no símbolo “>” e, por fim, em “Ok” (Figura 92).

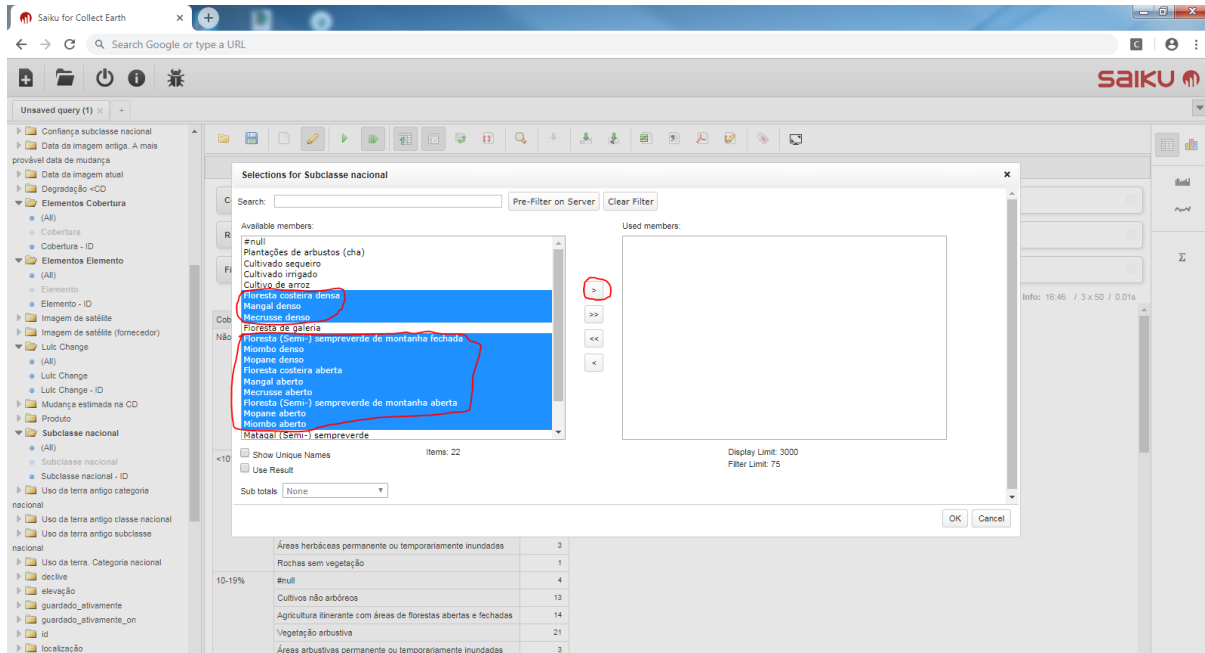


Figura 91 Selecção de elementos do campo “Subclasse nacional” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta

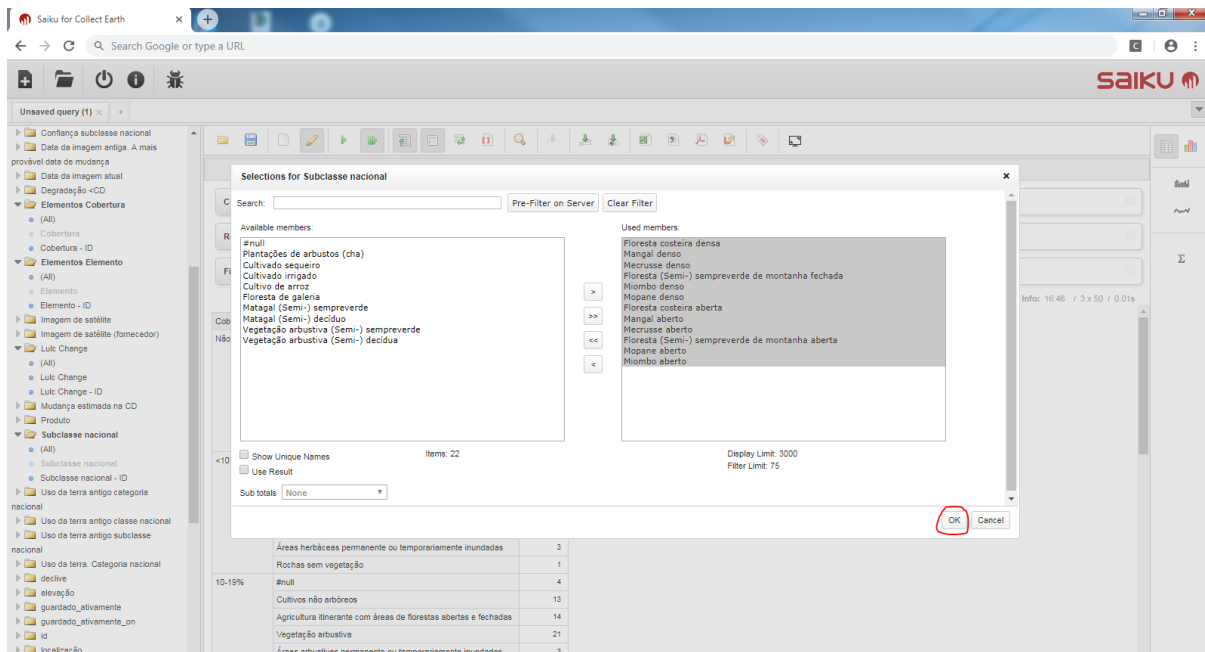


Figura 92 Confirmação da filtragem no campo “Subclasse nacional” para o estabelecimento da tabela pivô de confirmação da classe de cobertura de copa da floresta

Em caso de observar alguma incoerência, é necessário identificar o Id da UA para proceder com a correcção do dado registado no formulário de levantamento do LULUCF (os Ids são os mesmos listados no painel “Locais” do GEP). Para tal, independentemente, da combinação dos campos para estabelecer a tabela pivô, no painel “Dimensions”, seleccione, arraste e ponha o campo “id” (Figura 93) na linha (Rows) em primeiro plano como ilustrado na Figura 94.

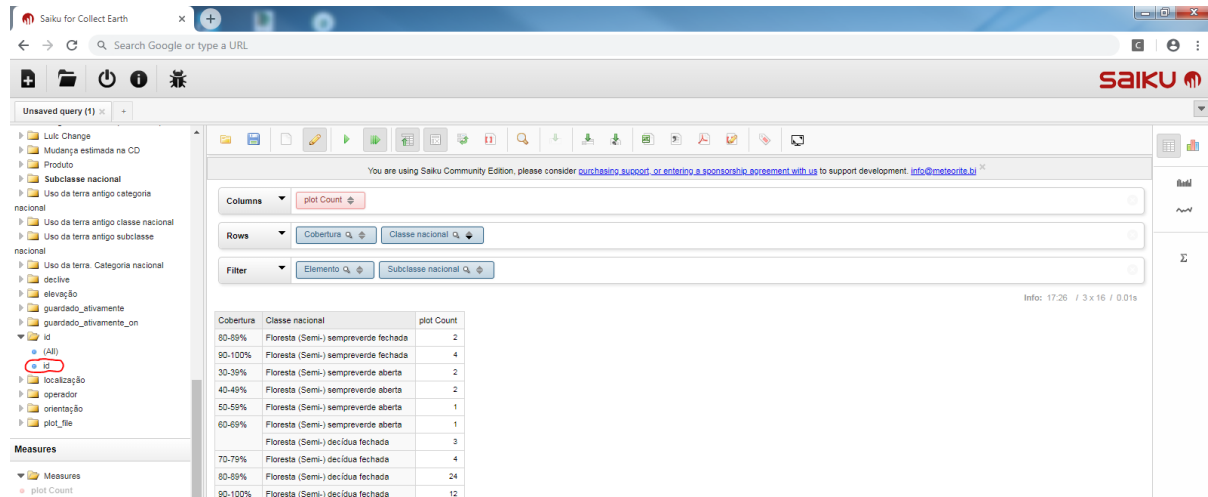


Figura 93 Selecção do campo “id” para identificação da UA

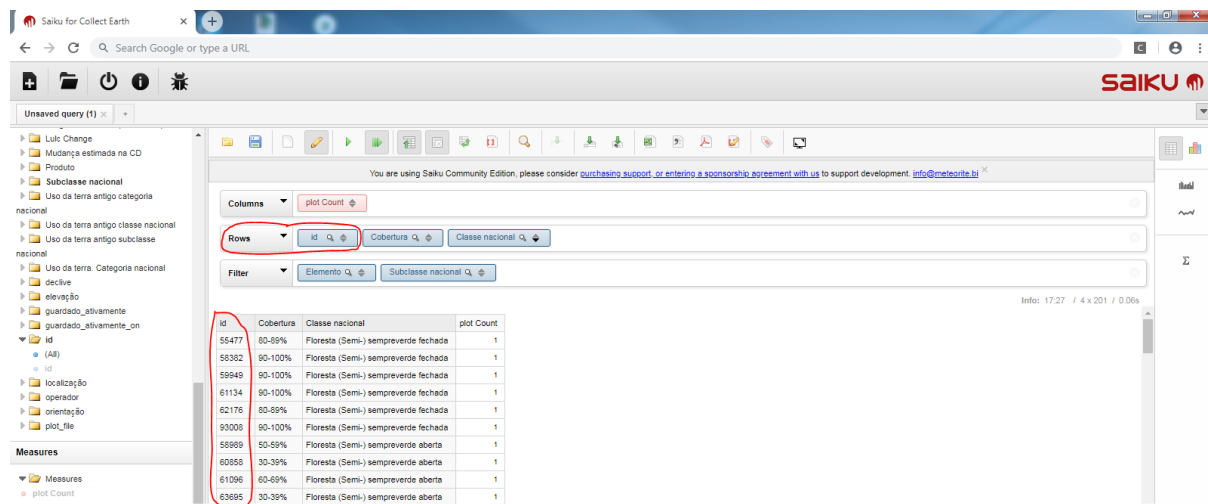


Figura 94 Posição do campo “id” na tabela pivô

Após a correcção das incoerências, feche a janela do SAIKU e faça novamente a observação e confirmação da coerência dos dados registados até que não haja incoerência.

4.11 EXPORTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS DADOS

Os dados colectados devem ser cuidadosamente documentados e arquivados, de forma que o processo de informação permaneça transparente. Portanto, após a correcção das incoerências, é preciso criar a base de dados da informação do levantamento de LULUCF da área de interesse armazenada em dois formatos ou extensões, nomeadamente, “.csv” e “.xml”. Esta base de dados é armazenada em um directório de acesso comum com todos envolvidos na colecta dos dados.

Para criar e salvar a base de dados no formato “.csv”, segue para a janela do CE, seleccione o **Menu Ferramentas** → **Importar/Exportar** → **Exportar a XML** e dê um clique de botão esquerdo do *mouse* em **Exportar dados para CSV** como ilustrado na Figura 95.

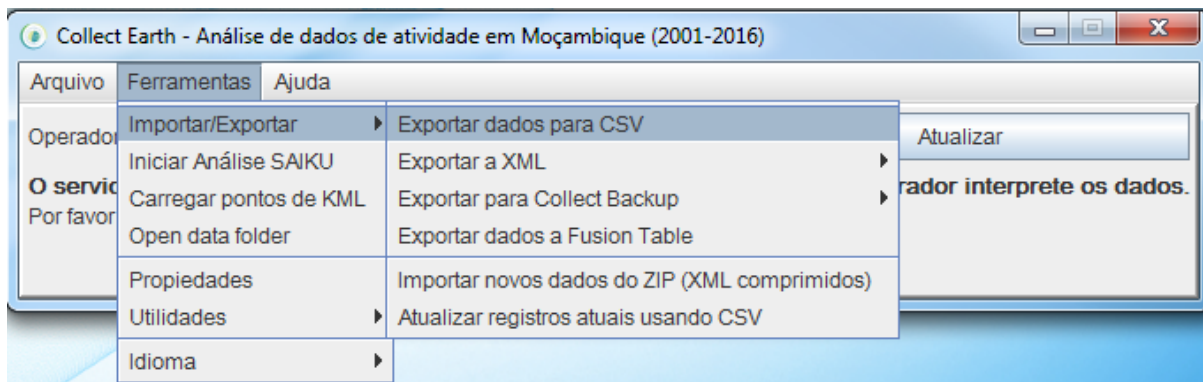


Figura 95 Exportar dados para o formato “.csv” no CE

A base de dados no formato “.csv” é salva com a seguinte codificação (Figura 96): “o primeiro nome do operador”_lote_“nº do lote”_collectedData_earthad_“as primeiras três letras do nome da área de interesse”_“ano de análise”_“DDMMAA em que é gerado o ficheiro”_CSV.

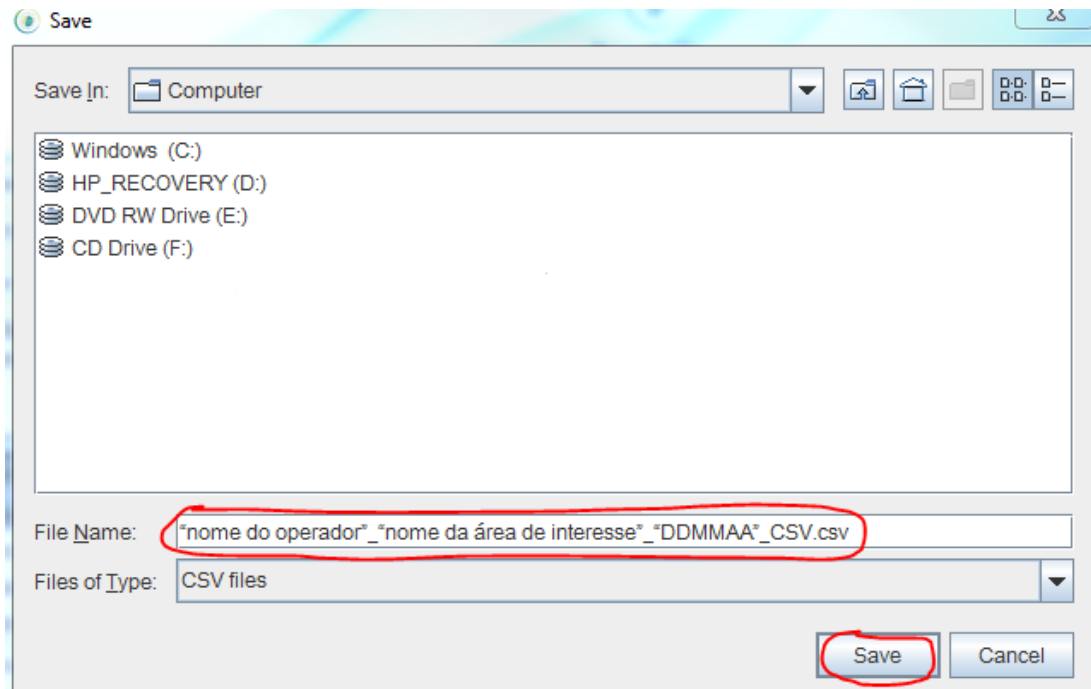


Figura 96 Personalização do nome e salvagem da base de dados no formato “.csv”

Para criar e salvar a base de dados no formato “.xml”, segue para a janela do CE, seleccione o **Menu Ferramentas** → **Importar/Exportar** e dê um clique de botão esquerdo do *mouse* em **Exportar dados para XML (comprimidos)** como ilustrado na Figura 97.

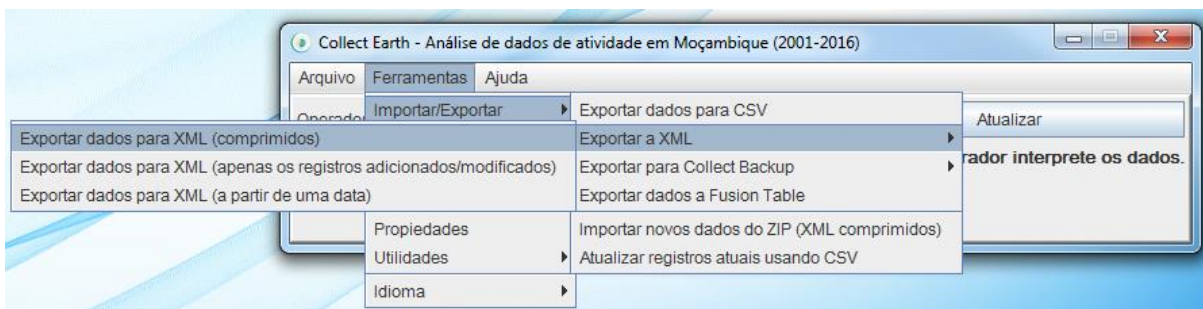


Figura 97 Exportar dados para o formato “.xml” no CE

A base de dados no formato “.xml” é salva com a seguinte codificação (Figura 98): “o primeiro nome do operador”_lote_“nº do lote”_collectedData_earthad_“as primeiras três letras do nome da área de interesse”_“ano de análise”_“DDMMAA em que é gerado o ficheiro”_XML.

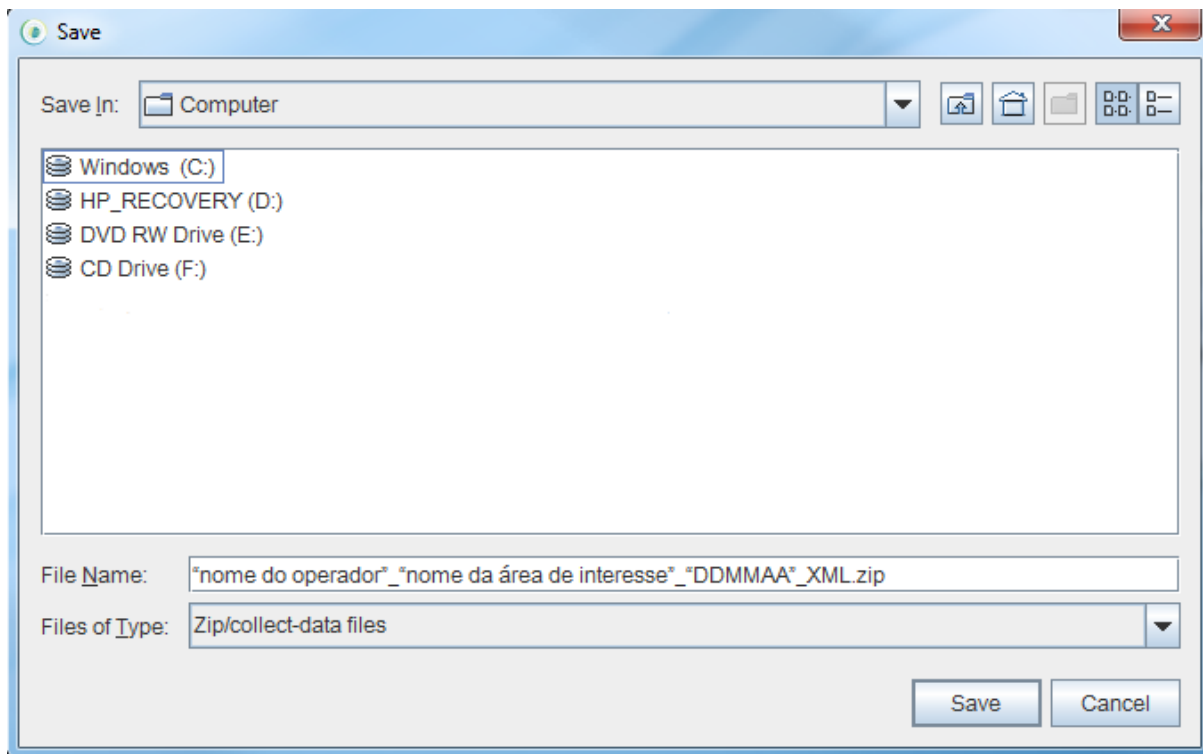


Figura 98 Personalização do nome e salvção da base de dados no formato “.xml”

4.12 ENCERRAMENTO

Para evitar o travamento do CE, feche primeiro a janela “*Saiku for Collect Earth*” (caso esteja aberta), de seguida a janela do CE (encerra automaticamente as janelas das plataformas *Bing Maps*, *Google Earth Engine Explorer* e *Code Editor*, incluindo a janela “*TomCat*”) e, por fim, a janela do GEP.

4.13 CHECKLIST DO PROCESSO DE LEVANTAMENTO DE LULUCF

Para garantir que o processo de levantamento de LULUCF seja executado de uma forma objectiva, eficiente e padronizada, é necessário o estabelecimento de um *checklist*. Na Tabela 6 é apresentada o *checklist* do processo de levantamento de LULUCF, que considera todas as etapas de processo e suas respectivas descrições.

Tabela 6 Checklist do processo de levantamento de LULUCF

Etapa	Descrição
Requisitos	Condições necessárias.
Criação de conta Gmail	Obter ou possuir um <i>e-mail</i> do Google.
Registo da conta na plataforma <i>Google Earth Engine</i>	Obter ou possuir um registo do seu <i>e-mail</i> do Google na plataforma.
Instalação de <i>softwares</i>	Instalar os <i>softwares</i> Open Foris Collect Earth e Google Earth Pro (caso não estejam instalados).
Criação do ficheiro com lista das UAs	Obter o ficheiro “.csv” com a lista das UAs distribuídas na área de interesse de acordo com o desenho amostral definido, apresentando os seguintes cabeçalhos de coluna: id, YCoordinate, XCoordinate, <i>elevation</i> , <i>slope</i> e <i>aspect</i> .
Actualização do <i>script</i> do projecto do formulário de levantamento de LULUCF	Substituir o ficheiro “eePlaygroundScript.fmt” por outro que apresente actualização do conteúdo do <i>script</i> (que é imprescindível), mantendo o mesmo nome do ficheiro substituído.
Limpeza ou arquivamento de base de dados anteriores	Deletar ou arquivar (acrescentar a terminação “.old”) as bases de dados “collectEarthDatabase” e “collectEarthDatabase.dbSaiku”.
Pré-levantamento de LULUCF	Estabelecer o período de análise de LULUCF;
	Configurar o GEP, Google Earth Engine Explorer e Code Editor;
	Carregar o ficheiro “.csv” com a lista das UAs;
Levantamento de LULUCF	Atribuir a percentagem de cobertura ou ocupação dos elementos presentes na parcela da UA;
	Classificar o uso de terra actual presente na parcela da UA;
	Registar a imagem mais actual, a usada para classificar o uso de terra actual presente na parcela da UA;
	Classificar a mudança ou permanência do UCT, incluindo a (sub)classe anterior

Etapa	Descrição
	presente na parcela e o registo de degradação florestal ou aumento de cobertura florestal quando houver evidências. Registrar a imagem mais antiga, a imagem que evidencia a permanência ou momento de ocorrência de mudança do UCT.
Análise de coerência dos dados registados	Estabelecer tabelas pivô com os diferentes campos de registo de dados no formulário imprescindíveis para a confirmação de coerência de informação, iniciando a Análise SAIKU.
Exportação e armazenamento dos dados	Criar, nomear e salvar a base de dados da informação do levantamento de LULUCF nos formatos “.csv” e “.xml”.
Encerramento	Fechar a janela “ <i>Saiku for Collect Earth</i> ” (caso esteja aberta), de seguida a do CE e, por fim, a do GEP.

4.14 TREINAMENTO E CALIBRAÇÃO

A colecta de dados baseada em uma amostragem deve ser consistente tanto com o intérprete como entre os intérpretes, o mais possível. Isso significa:

- i) dada a mesma unidade amostral, dois intérpretes diferentes providenciarão resultados semelhantes; e
- ii) dadas as mesmas amostras em sessões diferentes, o mesmo intérprete providenciará resultados semelhantes (Patterson e Mccallum, 2020).

O treinamento dos intérpretes cobre os domínios teóricos descritos entre os subcapítulos “[4.1](#)” e “[4.13](#)”. Durante a sessão de treinamento, exemplos de unidades amostrais são revisados em grupo e uma discussão é realizada para identificar quaisquer mudanças necessárias nas definições de Uso da Terra e Mudanças de Uso e Cobertura da Terra, para reflectir o que pode ser identificado nas imagens disponíveis e, conseqüentemente, actualizar e expandir a chave de interpretação de imagens, garantindo a integridade da cobertura de novas áreas-alvo.

As unidades amostrais adicionais de exemplo são distribuídas para cada um dos intérpretes e eles interpretam as unidades amostrais individualmente. As interpretações são comparadas e a concordância entre os intérpretes é determinada. As diferenças nas interpretações são discutidas e um consenso é alcançado para cada uma das unidades amostrais, para calibrar os intérpretes e obter melhores resultados semelhantes entre os intérpretes.

4.15 DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS

Para iniciar a colecta de dados, o conjunto de unidades amostrais é dividido aleatoriamente em lotes de 60 – 100 unidades amostrais. O objectivo é aumentar a produtividade e garantir a organização e a gestão do tempo da equipa. Recomenda-se que as unidades amostrais sejam distribuídas aleatoriamente, para evitar a introdução de viés de um determinado intérprete. A ordem das amostras deve ser randomizada para evitar erros sistemáticos. Em caso de uso de amostras estratificadas, cada lote de unidades amostrais deve garantir a representatividade de cada um dos estratos do mapa anual de desmatamento.

Para cada lote, 10% das unidades amostrais são seleccionadas aleatoriamente e duplicadas, aplicando uma Amostragem Aleatória Simples para o caso do método de amostragem, e Amostragem Aleatória Estratificada Proporcional baseada nos estratos do mapa contemplados no lote para o caso do método híbrido. Estas unidades amostrais seleccionadas são atribuídas aos diferentes intérpretes.

Após o término da colecta de dados de um lote pelo intérprete, o nome da base de dados do lote é personalizado com o nome do intérprete, número do lote, área de interesse, período de tempo de análise e data de sua criação do ficheiro. Esta base de dados é submetida ao gestor de colecta de dados para proceder com a gestão da qualidade.

4.16 GESTÃO DE QUALIDADE

A gestão da qualidade é essencial para garantir a integridade do procedimento de colecta de dados. Para a colecta de dados, procedimentos de gestão da qualidade são estabelecidos antes da colecta de dados e são integrados desde as fases de planeamento até a análise preliminar dos dados colectados. A qualidade da análise depende da consistência dos dados colectados. Várias verificações precisam ser incorporadas ao procedimento de colecta de dados para garantir que dados não tendenciosos e de alta qualidade estejam sendo produzidos, e que os dados sejam consistentes entre diferentes intérpretes e para o mesmo intérprete ao longo do tempo.

Uma chave de interpretação detalhada e abrangente informa aos intérpretes o que eles estão identificando nas imagens, conforme detalhado na Tabela 4. A chave de interpretação de imagens deve abranger todas as classes do sistema de classificação do uso da terra e a heterogeneidade da paisagem dentro da área de interesse. O treinamento é fundamental para garantir que todos os intérpretes compreendam as classes do sistema de classificação do uso da terra e como identificá-las. Durante o treinamento, a chave de interpretação de imagens pode

ser expandida para incluir exemplos adicionais que não foram cobertos anteriormente. O tempo dedicado ao treinamento depende da complexidade do sistema de classificação e da experiência dos intérpretes.

O levantamento de LULUCF é formulado para facilitar a gestão da qualidade durante a colecta de dados. As informações além do sistema de classificação podem ser incorporadas ao levantamento de LULUCF e registadas durante a colecta de dados por meio de registo no formulário de pesquisa. Informações contextuais sobre como os dados foram colectados, como a pessoa interpretou a unidade amostral, elementos da paisagem, a data em que os dados foram colectados, as fontes de dados usadas e suas respectivas datas, a confiança do intérprete em sua classificação da unidade amostral e comentários adicionais para um contexto adicional, pode auxiliar na verificação da qualidade dos dados.

A Figura 99 ilustra o fluxo de trabalho da gestão de qualidade no processo de colecta de dados. Este protocolo descreve cada uma das fases do processo de gestão de qualidade em detalhes a seguir, porém a abordagem vai melhorar-se e desenvolver-se com o tempo mediante a experiência adquirida.

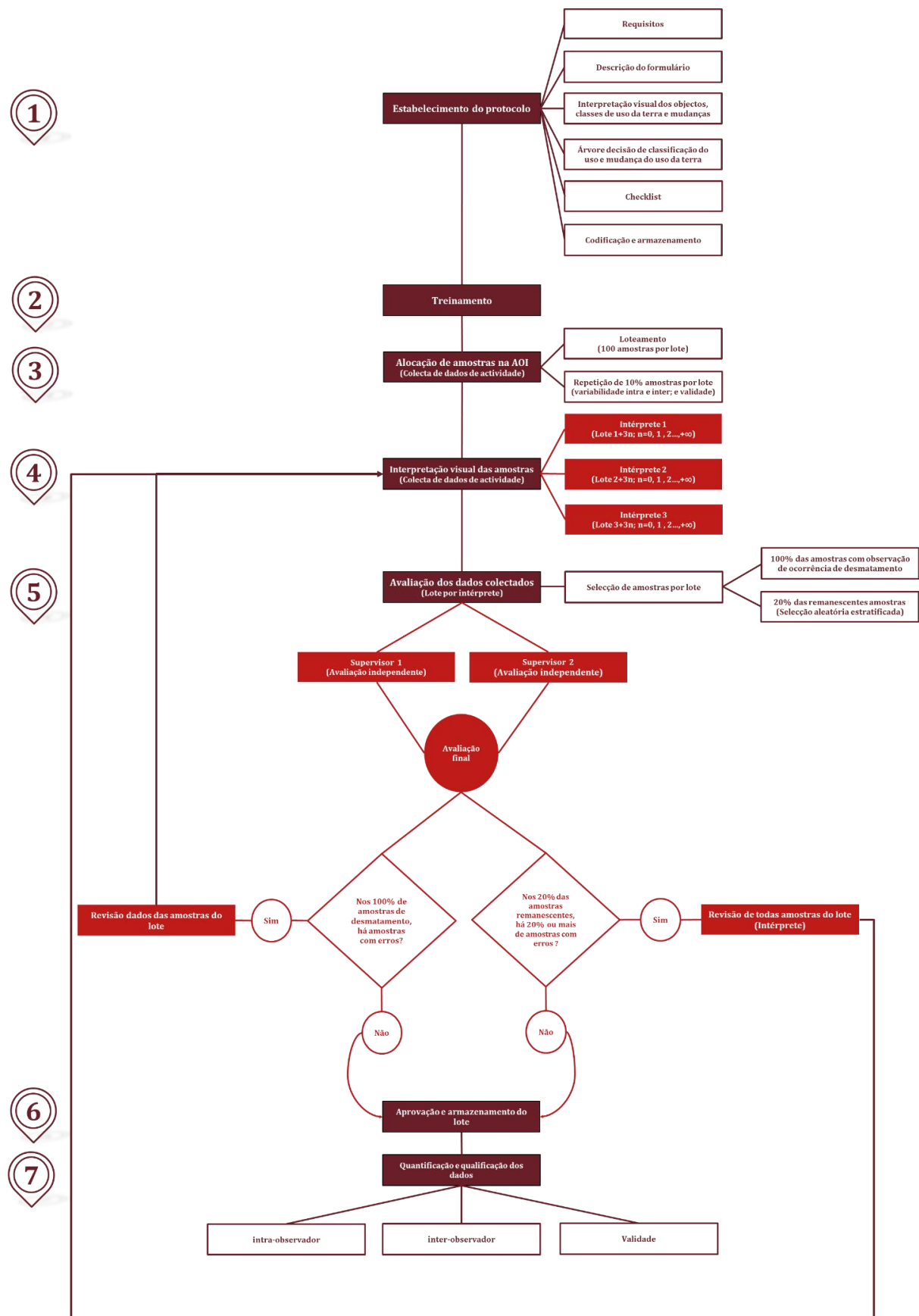


Figura 99 Fluxograma do processo de gestão de qualidade

4.16.1 Controle de qualidade

4.16.1.1 Verificação dos dados

Existem diferentes tipos de verificações de qualidade durante a colecta de dados, que são descritos por Patterson e Mccallum (2020) e podem ser usados para a gestão de qualidade. Os dados colectados são submetidos aos seguintes tipos de verificações:

- a) **Auto-revisão** – Consiste em o intérprete revisar rapidamente as suas unidades amostrais durante a colecta de dados. Isso permite que o intérprete controle a qualidade de suas unidades amostrais e corrija quaisquer erros óbvios que encontre. Após a avaliação de todas as unidades amostrais, o intérprete também pode fazer uma autoavaliação das amostras desde o início da avaliação da unidade amostral, para se certificar de que é consistente com a forma como classificou a amostra no final da avaliação e estão de acordo com os procedimentos estabelecidos.
- b) **Verificações quentes** – Consistem na revisão de unidades amostrais registadas como de baixa confiança de interpretação pelo intérprete. A revisão é realizada por outros intérpretes e um supervisor, e discutidas durante as sessões de revisão. Depois de revisadas as unidades amostrais, as classificações incorrectas devem ser corrigidas pelo respectivo intérprete.
- c) **Verificações de dados lógicos** – Baseia-se no uso de toda informação registada na unidade amostral durante a colecta de dados, para garantir que a classificação da mesma seja lógica e possível. Verificações lógicas e limitações podem ser incorporadas no desenho de pesquisa. As unidades amostrais que possuem combinações ilógicas de classificação (por exemplo, percentagem de cobertura dos elementos) são verificadas novamente. Este tipo de verificação é realizado na plataforma SAIKU integrada na ferramenta Collect Earth, seguindo os procedimentos descritos no subcapítulo “[4.10](#)”.
- d) **Verificações frias**
Após o término da colecta de dados do lote pelo intérprete, a base de dados do lote devidamente identificado (nome do intérprete, número do lote, área de interesse, período de tempo de análise e data de sua criação do ficheiro), é submetida ao gestor de colecta de dados para proceder com as verificações frias, que consistem na revisão de todas amostras registados como ocorrência de desmatamento ou degradação florestal pelo intérprete. Adicionalmente, na selecção aleatória de 20% das amostras remanescentes na base de

dados do lote. No caso do método híbrido, a selecção dos 20% deve considerar a proporcionalidade representativa das classes do mapa anual de desmatamento presentes no lote.

O controle de qualidade de cada lote é realizado por dois supervisores independentes bem qualificados na interpretação visual, que após a verificação independente fazem a comparação das duas avaliações e compilação consensual de um único comentário para cada amostra. No caso de não haver consenso entre os supervisores ou estes com o intérprete, o gestor de dados verifica a amostra com o grupo para tomar a decisão final.

Os parâmetros a se considerar na verificação da base de dados do lote são:

- i. Percentagem de cobertura de cada elemento;
- ii. Classe do uso da terra actual (níveis 1 e 2);
- iii. Classe de mudança de uso da terra;
- iv. Classe do uso da terra convertido (níveis 1 e 2); e
- v. Data de ocorrência da mudança/conversão do uso da terra.

Porém, com base nos comentários compilados, caso observem-se erros crassos nos parâmetros b), c) e d), em pelo menos 20% das amostras seleccionadas dos 20% das amostras remanescentes mencionadas inicialmente, o respectivo intérprete deve proceder com correcção da avaliação de todas amostras do lote. Porém, todas amostras com registo de ocorrência de desmatamento ou degradação florestal pelo intérprete e identificadas consensualmente pelos supervisores como incorrectamente avaliadas, o intérprete deve proceder com a correcção da avaliação dessas amostras.

O processo de verificação é cíclico até que confirme-se que há menos de 20% de amostras com erros de avaliação na base de dados do lote. Pode se considerar um exercício de calibração contínuo, pois as amostras incorretas são corrigidas para fornecer interpretações da mais alta qualidade durante a coleta de dados. Adicionalmente, a interpretação é aumentada com novos exemplos que reflectem várias paisagens e amostras difíceis de interpretar.

4.16.2 Garantia de Qualidade

4.16.2.1 Treinamento e calibração

O procedimento de treinamento exige que todos os intérpretes estejam presentes e participem dos exercícios. O treinamento é conduzido pelo gestor de colecta de dados, alguém com vasta experiência na interpretação visual de imagens e familiaridade com o sistema de classificação do uso da terra e imagens de satélite. O gestor deve garantir tempo despendido adequado na revisão e discussão do sistema de classificação do uso da terra, do levantamento do LULUCF e da chave de interpretação de imagens. A revisão ou actualização dos programas (*software*) e *hardware* seleccionados para a interpretação visual pode ser necessária para garantir que todos os intérpretes estejam confortáveis com a tecnologia. Se houver uma variedade de níveis de habilidade no grupo e recursos suficientes, os intérpretes podem trabalhar em grupos de dois, juntando intérpretes mais experientes ou alguém com vasta experiência de campo com uma equipa novata.

Durante o treinamento, é importante realizar exercícios de interpretação de exemplos em grupo e individualmente. A discussão é realizada para explicar como acessar e avaliar os vários tipos de dados e como registar as informações para cada unidade amostral no formulário de pesquisa. A colecta de dados pode ser melhorada para alcançar a consistência através da documentação do procedimento de treinamento e repetição consistente do mesmo procedimento em exercícios futuros de colecta de dados com os mesmos intérpretes.

A interpretação visual baseada na amostragem do Uso da Terra e Mudanças de Uso e Cobertura da Terra pode ser um exercício altamente subjectivo. Intérpretes altamente qualificados podem providenciar classificações diferentes e a disponibilidade inconsistente de imagens de alta resolução pode levar a distorções dos resultados. O treinamento para um procedimento de colecta de dados é uma forma de calibrar os intérpretes com as regras de classificação, o nível de avaliação das fontes de dados disponíveis e série de cenários que eles podem observar na área de interesse.

4.16.2.2 Verificação dos dados

A garantia de qualidade consiste na extracção aleatória de 10% de amostras do lote do intérprete. No caso do método híbrido, a extracção dos 10% deve considerar a proporcionalidade representativa das classes do mapa anual de desmatamento presentes no lote. Os 10% de amostras são submetidos à diferentes tipos de verificações sugeridos por Patterson e Mccallum (2020), a saber:

- a) **Duplicação de interpretação** – Consiste na alocação dos 10% de unidades amostrais a mais de um intérprete. Isso pode permitir o cálculo do grau de concordância entre diferentes interpretações, bem como indicar se existem tipos de paisagem particulares, que produzem consistentemente interpretações variáveis.
- b) **Validação cruzada** – Consiste em comparar os resultados de um intérprete com um outro conjunto de dados considerados precisos e confiáveis, usando os 10% das unidades amostrais. Isso permite que um padrão-ouro (observação de referência) seja confiado pelos intérpretes para manter uma abordagem consistente. Durante o treinamento, os intérpretes podem trabalhar em unidades amostrais que já foram classificadas ou interpretadas por um especialista (com verdade terrestre). Esses exemplos podem ter feito parte de outro exercício ou elaborados como parte do treinamento ou feito especificamente para validação cruzada. Pode-se usar duas fontes de dados de padrão-ouro gerados por dois experientes independentes e sem interferência dos resultados do intérprete.
- c) **Autoverificações** – Consiste no uso dos 10% das unidades amostrais, que já foram corrigidas/revisadas e novamente avaliadas pelo mesmo intérprete em sessões diferentes. Normalmente, são usadas unidades amostrais de uma colecta de dados concluída anteriormente e são consideradas "verificações cegas" (sem qualquer interferência da sua primeira avaliação).
- d) **Verificações cruzadas** – Consiste no uso dos 10% das unidades amostrais de um lote inicialmente seleccionadas, que já foram corrigidas/revisadas e novamente avaliadas por um intérprete diferente. Normalmente, estas unidades amostrais são atribuídas simultaneamente a vários intérpretes e são consideradas "verificações cegas" (sem qualquer interferência da primeira avaliação).

As verificações descritas anteriormente, são realizadas considerando a comparação dos seguintes parâmetros:

- i. Classe do uso da terra actual (níveis 1 e 2);
- ii. Classe de mudança de uso da terra;
- iii. Classe do uso da terra convertido (níveis 1 e 2); e
- iv. Data de ocorrência da mudança/conversão do uso da terra.

4.16.2.3 Análise de gestão de qualidade

Um resumo da concordância intra e interinterpretador é relatado. A incerteza associada à variação nos intérpretes pode ser estimada. A análise de concordância do método aplicada é baseada no coeficiente Kappa de Cohen (Cohen, 1968) e sua interpretação proposta por Landis e Koch (1977) (Vejo Tabela 6) Pode ser realizado em Microsoft Office Excel e os procedimentos estão descritos no documento técnico “Passo a Passo para o Levantamento e Estimativa de Emissões do Setor de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas”.

Com base nos diferentes tipos de verificações de dados realizados no subcapítulo, o gestor de qualidade pode proceder com a análise de concordância, considerando três formas de análise, a saber:

1^a Concordância intra-observador

Avalia a concordância entre a primeira e a segunda avaliações da mesma amostra realizadas pelo mesmo intérprete em sessões diferentes, permitindo ter a certeza sobre o grau de confiabilidade do intérprete na avaliação de cada amostra, ou seja, a sua consistência, precisão e fidedignidade na avaliação da mesma amostra em tempos e condições diferentes – não expressará versões de avaliação da mesma amostra.

2^a Concordância inter-observador

Avalia a concordância entre a primeira avaliação com as demais dos distintos intérpretes, permitindo ter a certeza sobre o grau de produção de avaliações consistentes (semelhantes), quando a avaliação da mesma amostra é realizada independentemente. Porém, a moda da resposta atribuída a uma variável de interesse da mesma amostra pelas diferentes avaliações é usada para fazer o julgamento da primeira avaliação.

3ª **Concordância dos intérpretes com a observação de referência ou padrão-ouro**

Consiste na comparação da primeira avaliação com a avaliação de um experiente, porém, caso haja amostras em que observa-se discordância entre as duas avaliações, a avaliação destas amostras são comparadas em simultâneo com a avaliação de um segundo experiente. A moda da resposta atribuída para a variável de interesse observada na mesma amostra é usada para o julgamento da primeira avaliação.

A comparação entre as avaliações pode ser realizada através da taxa global de concordância entre as avaliações ou pelo coeficiente de concordância de Kappa.

A taxa global de concordância consiste na seguinte fórmula:

$$\text{Taxa global de concordância (\%)} = \frac{\text{Concordâncias}}{\text{Concordâncias} + \text{Discordâncias}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

O coeficiente de concordância de Kappa é calculada com base na expressão abaixo, considerando uma matriz de contingência (Tabela 7):

$$K = \frac{\hat{p}_0 - \hat{p}_e}{1 - \hat{p}_e} \quad \text{Equação 4}$$

Tabela 7 Tabela de contingência

		Avaliação Y				Total
		1	2	...	r	
Avaliação X	1	n_{11}	n_{12}	...	n_{1r}	$n_{1.}$
	2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2r}	$n_{2.}$

	r	n_{r1}	n_{r2}	...	n_{rr}	$n_{r.}$
Total		$n_{.1}$	$n_{.2}$...	$n_{.r}$	n

onde,

- \hat{p}_0 é a proporção observada de concordância entre as avaliações;

$$\hat{p}_0 = \sum_{i=1}^r \frac{n_{ii}}{n}$$

- \hat{p}_e é a proporção esperada de n vezes que as avaliações concordam;

$$\hat{p}_e = \sum_{i=1}^r \frac{n_{i.} * n_{.i}}{n^2}$$

- n_{ii} é cada valor na diagonal da tabela;
- n_{ij} é a quantidade de elementos amostrais avaliados pela avaliação X na categoria i e pela avaliação Y na categoria j ;
- $n_{.i}$ é a quantidade de elementos amostrais avaliados pela avaliação Y na categoria i ;
- $n_{i.}$ é a quantidade de elementos amostrais avaliados pela avaliação X na categoria i ; e
- n é o total de elementos amostrais avaliados.

O valor do coeficiente de concordância de Kappa varia de +1 (concordância perfeita), passando por 0 (concordância igual ao acaso) até -1 (discordância completa), sendo que a interpretação mais abrangente dos valores nesse intervalo é a interpretação proposta por Landis e Koch (1977) (Tabela 8).

Tabela 8 Interpretação dos valores de Kappa

Valores de Kappa	Interpretação
<0,00	Ausência de concordância
0 – 0,20	Concordância pobre
0,21 – 0,40	Concordância leve
0,41 – 0,60	Concordância moderada
0,61 – 0,80	Concordância substancial
0,81 – 1,00	Concordância quase perfeita

A comparação entre as avaliações é necessária para ter-se o grau de veracidade sobre as avaliações das amostras pelos intérpretes, ou seja, verificar a confiabilidade (estabilidade, consistência interna e equivalência) dos dados registados em cada amostra. Portanto, todas as discordâncias identificadas devem ser revisadas, para identificar e documentar a origem do erro e realizar um treinamento específico para que o respectivo intérprete torne-se mais preciso e consistente. Adicionalmente, para melhor identificar os parâmetros com maior dificuldade de observação/classificação e direccionar um treinamento específico futuramente, e indicar quando um intérprete já encontra-se suficientemente treinado.

No método híbrido, segundo McRoberts *et al.* (2018), os erros dos intérpretes podem aumentar devido ao estabelecimento do desenho de amostragem aleatória estratificada. Porém, é essencial reduzir os erros tanto quanto possível, o que pode ser feito seguindo as boas práticas de gestão de qualidade.

5 ANÁLISE DE DADOS

5.1 ESTIMATIVA DE ÁREA E INCERTEZAS

5.1.1 Método de Amostragem

A amostragem sistemática é um processo probabilístico, centrando-se no facto de que cada classe de uso de terra das unidades amostrais é representativa do marco amostral. Exactamente, por isso é possível, a partir de uma unidade amostral, inferir sobre o marco amostral. Pelo exposto, para a geração das estimativas das áreas das classes de uso da terra, é necessário aplicar um factor de expansão ou peso para dimensionar a representatividade de cada classe de uso de terra dentro do marco amostral.

O factor de expansão é o factor que transforma os resultados da amostra para o marco amostral. Neste caso, é o quociente entre a área da superfície da área de interesse pelo número de suas respectivas unidades amostrais. E a área estimada para cada classe de uso de terra é obtida pela multiplicação dos número de amostras representativas da classe pelo factor de expansão.

O erro padrão das áreas estimadas foi obtido aplicando a fórmula descrita nas directrizes de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (Volume 4, Capítulo 3, Secção 3.33): $e = A_i \sqrt{(p_i \times (1 - p_i)) / (n - 1)}$, onde p_i é a proporção de pontos da classe de uso da terra i ; A_i é a área total estimada; e n é o número total de pontos amostrais. A um intervalo de confiança de 95% para A_i , a área estimada da classe de uso da terra i será dada, aproximadamente, por ± 2 multiplicado pelo erro padrão, e o erro relativo pelo quociente $\pm 1,96e/A$.

5.1.2 Método Híbrido

5.1.2.1 Requisitos

- Produção do mapa anual de desmatamento;
- Estabelecimento do desenho de amostragem;
- Levantamento de LULUCF;
- Dados de referência interpretados para todas as unidades amostrais disponíveis;
- Dados do mapa anual de desmatamento para todas as unidades amostrais disponíveis;
- Igual descrição das classes dos dados de referência e o mapa anual de desmatamento;
- Área de todos os estratos do mapa anual de desmatamento;
- Nível de confiança para a estimativa de incertezas.

5.1.2.2 Matriz de erro

A análise estatística é conduzida, considerando uma amostragem aleatória estratificada. Este procedimento apresenta os mesmos estimadores usados quando se realiza uma amostragem sistemática ou aleatória simples (por favor, veja o subcapítulo “[5.1.2.3](#)”). O objectivo da estimativa da área estratificada é eliminar o enviesamento, até onde for possível avaliar e reduzir as incertezas na medida do possível. Para atingir ambos os objetivos, os dados de referência devem ser comparados com as informações do mapa classificado, ou seja, o mapa anual desmatamento. Os dados de referência (de um desenho de amostragem probabilística) se ajustam para erros sistemáticos de classificação estimados e estimativa da incerteza, fazendo uso dos estimadores de amostragem estratificada descritos na fase do desenho de amostragem (ver o subcapítulo “[3.2.2](#)”).

A matriz de erro contrasta os dados de referência com os do mapa classificado e constitui a principal ferramenta para a análise da área. Primeiro, pode-se construir uma matriz onde os dados de referência (descrição da classe das unidades amostrais considerados como verdade terrestre) são representados ao longo das colunas e os dados do mapa (descrição da classe das unidades amostrais de acordo com o mapa classificado) ao longo das linhas.

Consideraremos três classes entre o mapa e os dados de referência. Embora o objectivo seja generalizável para qualquer estimativa de área, consideraremos também que pretende-se

detectar mudanças de área. As classes $H=3$ classes podem ser, neste caso, Floresta (estável), Perda (de Floresta) e Não-Floresta (estável).

Duas etapas básicas na construção de matrizes de erro são consideradas:

1. Primeiro, uma matriz de erro de contagens de unidades amostrais entre as classes dos dados de referência e o do mapa classificado é construída (Tabela 9). Ao longo da diagonal, os elementos indicam correspondência na descrição da classes entre as duas fontes de dados (ou seja, o mapa descreve correctamente a verdade terrestre), enquanto os elementos fora da diagonal nas tabelas abaixo, representam omissões do mapa (na direcção de cima para baixo) e comissões (direcção da esquerda para direita).
2. Uma coluna extra calcula os pesos dos estratos, dividindo a área de cada classe ou estrato pela área total da região ou área de interesse (ou seja, país, província, distrito, etc.).

Tabela 9 Matriz de erro de contagens de unidades amostrais

Dados do mapa	Dados de referência			Total	Área do mapa	Peso do estrato (w_h)
	Desmatamento	Floresta estável	Não-floresta estável			
Alta probabilidade de desmatamento	n_{11}	n_{12}	n_{13}	$n_{1.}$	$a_{1.}$	$w_{1.}$
Zona de influência (<i>Buffer</i>)	n_{21}	n_{22}	n_{23}	$n_{2.}$	$a_{2.}$	$w_{2.}$
Baixa probabilidade de desmatamento	n_{31}	n_{32}	n_{33}	$n_{3.}$	$a_{3.}$	$w_{3.}$
Floresta estável	n_{41}	n_{42}	n_{43}	$n_{4.}$	$a_{4.}$	$w_{4.}$
Não-floresta estável	n_{51}	n_{52}	n_{53}	$n_{5.}$	$a_{5.}$	$w_{5.}$
(Desmatamento pós-estratificado)	n_{61}	n_{62}	n_{63}	$n_{6.}$	$a_{6.}$	$w_{6.}$
Total	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n_{.3}$	n	a	l

3. Para traduzir a contagem das unidades amostrais em proporções de área real estimada por classe, é necessário fazer cálculos nas células coloridas. A proporção da área para cada célula é definida como:

$$\hat{p}_{hj} = w_h \cdot \frac{n_{hj}}{n_h} \quad \text{Equação 5}$$

Onde, h e j representam linha e coluna, respectivamente. As medições de precisão são calculadas dividindo as proporções da área da célula individual pelas proporções de área de suas respectivas classes do mapa (precisão do usuário) ou referência (precisão do produtor).

Tabela 10 Matriz de erro de proporções de área

Dados do mapa	Dados de referência			Total	Precisão do usuário (\hat{U}_i)
	Desmatamento	Floresta estável	Não-floresta estável		
Alta probabilidade de desmatamento	\hat{p}_{11}	\hat{p}_{12}	\hat{p}_{13}	$\hat{p}_{.1}$	$\hat{p}_{11}/\hat{p}_{.1}$
Zona de influência (<i>Buffer</i>)	\hat{p}_{21}	\hat{p}_{22}	\hat{p}_{23}	$\hat{p}_{.2}$	$\hat{p}_{22}/\hat{p}_{.2}$
Baixa probabilidade de desmatamento	\hat{p}_{31}	\hat{p}_{32}	\hat{p}_{33}	$\hat{p}_{.3}$	$\hat{p}_{33}/\hat{p}_{.3}$
Floresta estável	\hat{p}_{41}	\hat{p}_{42}	\hat{p}_{43}	$\hat{p}_{.4}$	$\hat{p}_{44}/\hat{p}_{.4}$
Não-floresta estável	\hat{p}_{51}	\hat{p}_{52}	\hat{p}_{53}	$\hat{p}_{.5}$	$\hat{p}_{55}/\hat{p}_{.5}$
(Desmatamento pós-estratificado)	\hat{p}_{61}	\hat{p}_{62}	\hat{p}_{63}	$\hat{p}_{.6}$	$\hat{p}_{66}/\hat{p}_{.6}$
Total	$\hat{p}_{.1}$	$\hat{p}_{.2}$	$\hat{p}_{.3}$	1	
Precisão do produtor (\hat{P}_i)	$\hat{p}_{11}/\hat{p}_{.1}$	$\hat{p}_{22}/\hat{p}_{.2}$	$\hat{p}_{33}/\hat{p}_{.3}$		Precisão global (\hat{O}) = $\hat{p}_{11} + \hat{p}_{22} + \hat{p}_{33}$

5.1.2.3 Determinação das áreas e suas incertezas

O estimador da média para a área de cada classe pode ser obtido directamente a partir da Tabela 10. Os estimadores de amostragem estratificada não enviesados são providenciados, usando proporções de área da classe de referência ($\hat{p}_{.j}$). Como está implícito na Tabela 10, estas proporções são geradas com base na equação:

$$\hat{p}_{.j} = \sum_{h=1}^H w_h \times \frac{n_{hj}}{n_{h.}} = \sum_{h=1}^H \hat{p}_{hj} \quad \text{Equação 6}$$

Uma vez que as proporções da área estimada da classe de referência são obtidas, a área total média por classe é calculada multiplicando-as pela área total da região ou área de interesse:

$$\hat{A}_j = \hat{p}_{.j} \times a \quad \text{Equação 7}$$

A variância da área estimada da classe de referência, " \hat{S}_j^2 ", é dada pelo produto da variância da proporção da área da classe de referência com a área total da região ou área de interesse ao quadrado, seguindo a equação abaixo:

$$\hat{S}_j^2 = \left\{ \sum \left[\frac{W_h^2 \times \hat{p}_{.j} \times (1 - \hat{p}_{.j})}{n_{h.} - 1} \right] \right\} \times a^2 \quad \text{Equação 8}$$

O erro padrão da área estimada da classe de referência, " \widehat{SE}_j ", é dada pela raiz quadrada da variância da área estimada da classe de referência:

$$\widehat{SE}_j = \sqrt{\hat{S}_j^2} \quad \text{Equação 9}$$

O intervalo de confiança ou a incerteza absoluta da área estimada da classe de referência, " IC_j ", considerando a probabilidade de 95% ($\alpha=5\%$) recomendada nas Directrizes de Boas Práticas do IPCC para os Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2006, Secção 3.33) é determinada pelo produto do valor crítico de " t " ou " z " (para uma amostragem com distribuição normal e grande tamanho da amostra) com o erro padrão da área estimada da classe de referência:

- $IC_j = \pm t_{\alpha/2} \times \frac{S_i}{\sqrt{n}} = \pm t_{\alpha/2} \times \widehat{SE}_j \quad \text{Equação 10}$

onde, $t_{\alpha/2}$ tem graus de liberdade, considerando que estamos interessado em providenciar, conjuntamente, a informação sobre o desmatamento, floresta estável e

não-floresta estável: $GL = "n" - "M"$. "M" é o número de estratos ou classes do mapa classificado.

$$\bullet IC_j = \pm z_{\alpha/2} \times \frac{S_i}{\sqrt{n}} = \pm z_{\alpha/2} \times \widehat{SE}_j \quad \text{Equação 11}$$

Quanto mais estreito ou menor for o intervalo de confiança ou a incerteza, maior é a certeza de que a área estimada da classe de referência baseada na amostragem representa a verdadeira área do estrato ou classe do mapa classificado.

A margem de erro ou a incerteza relativa percentual da área estimada da classe de referência, " $e(\%)_j$ ", é determinada pelo quociente entre a incerteza absoluta e a área estimada da classe de referência, multiplicado por 100 unidades:

$$e(\%)_j = \frac{IC_j}{A_j} \times 100 \quad \text{Equação 12}$$

5.1.2.4 Gestão de qualidade

Matriz de erro

A matriz de erro, particularmente para contagens de unidades amostrais, é geralmente uma ferramenta eficaz para detectar rapidamente a qualidade global do processo de colecta de dados. Altos números nas células fora da diagonal (comissão, ou principalmente, erros de omissão), quando comparados com os das células na diagonal, podem reflectir um número insuficiente de unidades amostrais em geral, implicando na necessidade de uma revisão nos procedimentos de interpretação dos dados ou do levantamento do LULUCF, ou mesmo reflectem uma baixa qualidade do mapa classificado, que pode acarretar um novo processamento do mesmo. Frequentemente, pode haver a necessidade de voltar a rever os procedimentos, embora isso possa teoricamente produzir enviesamento, porém, muitas vezes é uma consequência necessária derivada da falta de experiência ou conhecimento na área específica avaliada.

Descrição da matriz de erro em termos de proporções de área estimada.

Determinação das áreas e suas incertezas

Definição da incerteza máxima permissível, de acordo com os critérios e requisitos de avaliação estabelecidos.

5.2 TAXA ANUAL DE DESMATAMENTO

Para o cálculo das taxas de desmatamento é aplicada a metodologia proposta por Puyravaud (2003), na qual é calculada com base na equação:

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \ln\left(\frac{A_2}{A_1}\right) \quad \text{Equação 13}$$

onde, A_1 é área de florestas no início do período de análise (t_1) e A_2 é área de florestas no final do período de análise (t_2).

5.3 ESTIMATIVA DE EMISSÕES POR DESMATAMENTO E SUAS INCERTEZAS

As emissões de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento são estimadas considerando os seguintes parâmetros:

- **Área desmatada:** Dados de actividade estimados com base no método híbrido, extraindo a informação sobre o estrato de desmatamento por tipo de floresta considerado.
- **Estoques de biomassa (factor de emissão):** A biomassa acima do solo e abaixo do solo (antes da conversão e pós-conversão da floresta) são os únicos reservatórios de carbono considerados.

Tabela 11 Biomassa Acima do Solo (AGB) e Biomassa Abaixo do Solo (BGB) antes da conversão da floresta por estrato florestal

Estrato Florestal	AGB [t.ha ⁻¹] (IC)	BGB [t.ha ⁻¹] (IC)	Fonte
Floresta (semi-) decidua	62,24 (59,51 – 64,97)	24,82 (23,88 – 25,75)	MITADER (2018), Tabela 20
Floresta (semi-) sempreverde	99,89 (93,98 – 105,81)	29,19 (27,53 – 30,86)	
Mopane	44,51 (40,65 – 48,36)	13,89 (12,83 – 14,95)	
Mecrusse	78,65 (73,18 – 84,12)	20,58 (19,21 – 21,96)	
Mangal	92	26,68	Suplemento 2013 ao IPCC (2006), Tabela 4.5

Tabela 12 Biomassa Acima do Solo (AGB) e Biomassa Abaixo do Solo (BGB) presentes em áreas agrícolas e pradaria após a conversão da floresta

Floresta convertida em	AGB (ton.ha ⁻¹)	Proporção de BGB para AGB		Fonte
		tonne root d.m. (tonne shoot d.m.) ⁻¹	ton.ha ⁻¹	
Área agrícola (Anual)	10	-	-	IPCC (2006), Tabela 5.9
Pradaria	2,3	2,8	6,44	IPCC (2006), Tabela 6.4

- **Gás de efeito estufa-chave:** Dióxido de carbono (CO₂).

Relacionando os parâmetros supramencionados, a emissão por desmatamento é dada por:

$$\Delta C_B = \sum_{j,i} (B_{Antes,j} - B_{Depois,i}) \times CF \times \frac{44}{12} \times A(j,i) \quad \text{Equação 14}$$

onde,

ΔC_{B_t}	Mudança anual dos estoques total de carbono durante o ano t do período de referência, em tCO ₂ e
$A(j,i)$	Área convertida do tipo florestal j para o tipo não-florestal i durante o ano t do período de referência, em hectare por ano. Neste caso, quatro conversões são possíveis: <ul style="list-style-type: none"> • Floresta (semi-) decídua para não-floresta; • Floresta (semi-) sempreverde para não-floresta; • Floresta de Mopane para não-floresta; • Floresta de Mecrusse para não-floresta; e • Floresta de Mangal para não-floresta.
$B_{Antes,j}$	Biomassa total do tipo florestal j antes da conversão, em toneladas de matéria seca por hectare. Este é igual à soma da biomassa acima do solo e da biomassa abaixo do solo dos seguintes quatro tipos florestais: <ul style="list-style-type: none"> • Floresta (semi-) decídua; • Floresta (semi-) sempreverde; • Floresta de Mopane; • Floresta de Mecrusse; e • Floresta de Mangal.
$B_{Depois,i}$	Biomassa total do tipo não-florestal i pós-conversão, em toneladas de matéria seca por ha.

<i>CF</i>	Fracção de carbono da matéria seca em tC por tonelada de matéria seca. O valor utilizado é 0.47 , com base nas Directrizes de 2006 do IPCC.
44/12	Conversão de C em CO ₂

As incertezas da estimativa de emissões de dióxido de carbono por desmatamento são determinadas usando o método Tier 1 do Refinamento de 2019 das Directrizes de 2006 do IPCC, ou seja, propagação de incertezas. As equações abaixo são usadas para adição ou multiplicação.

Para adição ou subtração:

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + \dots + (U_i \cdot x_i)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + \dots + x_i + \dots + x_n|} \quad \text{Equação 15}$$

onde,

U_i – Incerteza relativa percentual associada a cada um dos parâmetros;

x_i – O valor do parâmetro; e

U_{total} – A incerteza relativa percentual na soma dos parâmetros (metade do intervalo de confiança de 95% dividido pelo total, e expresso como percentagem).

Para a multiplicação:

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + \dots + U_i^2 + \dots + U_n^2} \quad \text{Equação 16}$$

onde,

U_i – Incerteza relativa percentual associada a cada um dos parâmetros;

x_i – O valor do parâmetro; e

U_{total} – A incerteza relativa percentual na soma dos parâmetros (metade do intervalo de confiança de 95% dividido pelo total, e expresso como percentagem).

5.4 ESTIMATIVA DA REDUÇÃO DE EMISSÕES POR DESMATAMENTO E SUAS INCERTEZAS

Uma vez estabelecido o nível de referência de emissões florestais (FREL) da região ou área de interesse com base na média histórica de emissões associadas ao desmatamento, objectivando a avaliação dos efeitos reais de políticas e medidas de redução de emissões de gases de efeito estufa, é preciso o desenvolvimento de monitorias anuais do desmatamento e suas respectivas emissões comparáveis ao FREL, ou seja, simplesmente, pela subtracção do FREL com a estimativa de emissões cada um dos anos subsequentes ao período do FREL (Tabela 13). Então, para um determinado ano t , as emissões reduzidas decorrentes do desmatamento é dada por:

$$REDD+(t) = FREL - Emissões_{ano_t}; \quad (tCO_2e) \quad \text{Equação 17}$$

onde,

$$FREL = \frac{\sum_{t=1}^T \Delta C_{B_t}}{T}$$

ΔC_{B_t} Mudança anual no total de estoques de carbono no ano t ; e

T Número de anos durante o período de referência; dimensional

As incertezas das emissões reduzidas provenientes de desmatamento são determinadas usando o método *Tier 1* do Refinamento de 2019 das Directrizes de 2006 do IPCC, ou seja, propagação de incertezas (por favor, consulte o subcapítulo “[5.3](#)” para mais detalhes).

Tabela 13 Emissões anuais de REDD+ em toneladas de dióxido de carbono equivalente

Ano	Emissões por desmatamento (tCO ₂ e)	FREL (t ₁ – t ₂ , tCO ₂ e)	Resultados de REDD+ (t ₂₊₁ – t _{2+1+n} , tCO ₂ e)	Incertezas (%)
Total				

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine Learning*, 45, pp. 5-32.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling techniques*. John Wiley & Sons.
- Cohen, J. 1968. Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin*, 70, 213-220.
- Congalton, R. G. & Green, K. 2008. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, Second Edition. CRC Press
- Dymond, J.R., Shepherd, J.D., Arnold, G.C. & Trotter, C.M. 2008. Estimating Area of Forest Change by Random Sampling of Change Strata Mapped Using Satellite Imagery. *Forest Science* 54(5).
- FAO. 2016. *Map Accuracy Assessment and Area Estimation: A Practical Guide*. National forest monitoring assessment working paper No.46/E, 60p.
- FAO. 2018. *From reference levels to results reporting: REDD+ under the UNFCCC – 2018 update*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Hamunyela, E., Verbesselt, J. & Herold, M. 2016. Using spatial context to improve early detection of deforestation from Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 172, pp. 126-138.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (eds. Eggleston, H.S. *et al.*). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Landi, J.R & Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, Vol. 33, No. 1. 159 – 174.
- Leckie, D.G., Gillis, M.D. & Wulder, M.A. 2002. Deforestation estimation for Canada under the Kyoto Protocol: A design study. *Can. J. Rem. Sens.* 28:672– 678.
- McRoberts, R.E., Stehman, S.V., Liknes, G.C., Næsset, E., Sannier, C., Walters, B.F., 2018. The effects of imperfect reference data on remote sensing-assisted estimators of land cover class proportions. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 142, 292–300.
- MITADER (2018). *Inventário Florestal Nacional*. MITADER. Maputo. 124p.

Neyman, J. 1934. On the Two Different Aspects of the Representative Method: The Method of Stratified Sampling and the Method of Purposive Selection. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 97, 558-606.

Olofsson, P., Arévalo, P., Espejo, A., Green, C., Lindquist, E., McRoberts, R. & Sanz, M. 2020. Mitigating the effects of omission errors on area and area change estimates. *Remote Sensing of Environment*, 236: 111492.

Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., & Wulder, M.A. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*. 148:42-57.

Patterson, M.S. and McCallum, K. 2020. *Project Development Manual For Collect Earth Online*. U.S. Forest Service (USFS) Geospatial Technology and Applications Center (GTAC).

Puyravaud, J. F., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, Issue 177, pp. 593-596.

© 2021 by MRV Unit under the Fundo Nacional do Desenvolvimento Sustentável (FNDS). Passo a Passo para o Levantamento e Estimativa de Emissões do Sector de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas for inserting CC license is made available under a Creative Commons BY 3.0 IGO license: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>.

For more information, please visit:

- Mozambique MRV website: <https://www.fnds.gov.mz/mrv/>

Please cite as: Unidade de MRV-FNDS. 2021. Passo a Passo para o Levantamento e Estimativa de Emissões do Sector de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas, *versão de Junho de 2021*. Fundo Nacional do Desenvolvimento Sustentável (FNDS), Maputo, Mozambique. 125p.