MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/04.04.19.03-TDI

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS COM IMAGENS MULTIESPECTRAIS E HIPERESPECTRAIS UTILIZANDO MÉTODOS NÃO-PARAMÉTRICOS

Camila Souza dos Anjos

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelos Drs. Cláudia Maria de Almeida, e Lênio Soares Galvão, aprovada em 24 de fevereiro de 2016.

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LESGT2>

INPE
São José dos Campos
2016

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Gabinete do Diretor (GB)
Serviço de Informação e Documentação (SID)
Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/6921
Fax: (012) 3208-6919
E-mail: pubtc@inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):
Presidente:
Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Membros:
Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)
Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)
Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)
Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)
Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)
Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID)
BIBLIOTECA DIGITAL:
Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)
REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)
EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:
Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)
André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/04.04.19.03-TDI

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS COM IMAGENS MULTIESPECTRAIS E HIPERESPECTRAIS UTILIZANDO MÉTODOS NÃO-PARAMÉTRICOS

Camila Souza dos Anjos

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelos Drs. Cláudia Maria de Almeida, e Lênio Soares Galvão, aprovada em 24 de fevereiro de 2016.

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LESGT2>

INPE
São José dos Campos
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Anjos, Camila Souza dos.

An58c Classificação de áreas urbanas com imagens multiespectrais e hiperespectrais utilizando métodos não-paramétricos / Camila Souza dos Anjos. – São José dos Campos : INPE, 2016.

xxx + 335 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/04.04.19.03-TDI)

Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

Orientadores : Drs. Cláudia Maria de Almeida, e Lênio Soares Galvão.

1. WorldView-2. 2. ProSpecTIR V-S. 3. Classificação de cobertura do solo urbano. I.Título.

CDU 528.8:911.375

Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

Aluno (a): *Camila Souza dos Anjos*

Título: "CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS COM IMAGENS MULTIESPECTRAIS E HIPERESPECTRAIS UTILIZANDO MÉTODOS NÃO-PARAMÉTRICOS ".

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de *Doutor(a)* em *Sensoriamento Remoto*

Dr. Flávio Jorge Ponzoni

Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dra. Cláudia Maria de Almeida

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Lênio Soares Galvão

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Carlos Roberto de Souza Filho

Convidado(a) / UNICAMP / Campinas - SP

Dra. Cristiane Nunes Francisco

Convidado(a) / UFF / Rio de Janeiro - RJ

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

(x) unanimidade

São José dos Campos, 24 de Fevereiro de 2016

“Tu que és a fonte verdadeira da luz e da ciência, derrama sobre as trevas da minha inteligência um raio da tua claridade. ”

São Tomás de Aquino

A DEUS,

que me proporciona muitas oportunidades

e me capacita para cada uma delas.

AGRADECIMENTOS

A meu marido, Marielcio, pelo amor, suporte, paciência e por estar sempre ao meu lado, inclusive nas noites mal dormidas, durante este intenso período de doutoramento.
A meus pais, Jaime e Margarida, que sempre fizeram o possível e o impossível para proporcionar uma boa educação para suas filhas.
Às minhas irmãs, Daniela e Fabrícia, pela amizade e motivação que sempre me fizeram ir mais longe.
À minha orientadora, Dra. Cláudia Almeida, por sempre ter acreditado em mim. Por ter me ensinado lições para a academia e para a vida, além de ter aos poucos se tornado uma amiga que, durante esses quatro anos, esteve a meu lado nas alegrias e também nos momentos difíceis.
Ao meu co-orientador, Dr. Lênio Galvão, por ter aceitado caminhar conosco neste desafio, por ter compartilhado seu admirável conhecimento e pelas valiosíssimas contribuições em todas as fases deste processo.
Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espacias (INPE) e a todo o corpo docente do curso de Sensoriamento Remoto, que foi essencial para meu crescimento e aprendizado, em especial ao Dr. Thales Korting, pelas valiosas contribuições, inclusive por aquelas realizadas por meio de seu canal no Youtube, e também ao Engenheiro Cartógrafo Gurgel, que apoiou um dos trabalhos de campo.
Aos meus companheiros de curso, pelos conhecimentos compartilhados, em especial aos colegas Daniela Anjos, Guilherme Gregório, David Guimarães, Bruna Pechini e Rodolfo Lotte.
Ao Instituto de Estudos Avançados (IEAv), em especial ao Cel. Sala e Cel. Pizani, pelo incentivo inicial para que eu iniciasse o doutorado, em nome dos quais agradeço também a todos os oficiais superiores, que durante este tempo chefiaram a Subdivisão de Sensoriamento Remoto.
Aos colegas da EGI-S, pelos conhecimentos compartilhados e proveitosas discussões, em especial ao Maj. Zawadzki, Maj. Leandro, Maj. Paes, Cap. Habermann, Ten. Marielcio, SO. Barros, 1S. Cássio, 3S. Eduardo, Dr. Ruy Castro, Dr. Elcio Shiguemori e MSc. Leidiane Andrade.
À Universidade de Campinas (UNICAMP), em especial ao Dr. Carlos Roberto Souza Filho, por ter cedido a imagem ProSpecTIR V-S, e aos funcionários da manutenção e técnicos dos diferentes setores da universidade, que nos transmitiram informações e nos permitiram acessar as coberturas das edificações.
A todos meus amigos e familiares de Campos do Jordão, São José dos Campos, Guaratinguetá e Barreiras, aos amigos de ministério de música e MESC, e a todos que torceram e oraram por mim, em especial a meus enteados João Paulo e Marielcio Filho, e a meus afilhados Sabrina, Marina e Murilo, que por muitas vezes perderam a minha companhia para esta tese. Eu estou voltando à vida... rs...

RESUMO

Ambientes urbanos representam uma das áreas mais desafiadoras para as análises por meio de sensoriamento remoto devido à grande diversidade encontrada nos materiais presentes na sua superfície. O uso de imagens com alta resolução espacial e alta resolução espectral surge como uma solução ideal para aplicações urbanas, pois a combinação destas duas características permite uma melhor detecção e discriminação de alvos. O presente trabalho propõe a avaliação de dois conjuntos de dados: um deles composto exclusivamente por uma imagem orbital multiespectral (WV-2) e os atributos derivados de seu processamento; e o outro conjunto composto exclusivamente por uma imagem aerotransportada hiperespectral (SpecTIR) e os atributos derivados de seu processamento. Para cada conjunto de dados (multiespectral e hiperespectral), foram realizados quatro experimentos de classificação de imagens, nos quais foram aplicados os métodos Árvore de Decisão C4.5 e Floresta Randômica (RF) em dois diferentes níveis de legenda, em que o Nível de Legenda 1 apresenta 11 classes de cobertura do solo urbano, e o Nível de Legenda 2, mais refinado, 38 classes de cobertura do solo urbano. Analisou-se então a diferença de desempenho entre os métodos de classificação e os conjuntos de dados para esses dois níveis de detalhamento. Os oito experimentos de classificação obtiveram elevada acurácia, com valores de índice Kappa oscilando de 0,6712 a 0,7857, e de Exatidão Global variando de 70,07% a 81,52%. As classificações do Nível de Legenda 1 apresentam resultados semelhantes aos já encontrados em trabalhos indexados. Já as classificações do Nível 2 abordaram um nível de legenda ainda não reportado até o momento na literatura científica, em que materiais visualmente semelhantes em toda a cena foram individualmente caracterizados. Os testes de hipótese comparando o desempenho dos classificadores para o Nível 1 demonstraram que o método RF é significantemente superior ao C4.5, ao passo que para o Nível 2, no caso dos dados WV-2, o método RF demonstrou superioridade, e no caso dos dados SpecTIR, demonstrou-se que os classificadores não são significantemente diferentes. Quando a comparação realizada foi relacionada ao desempenho dos conjuntos de dados, demonstrou-se para todos os níveis de detalhamento e classificadores que as classificações obtidas com dados do sensor SpecTIR apresentaram resultados significantemente superiores àqueles das classificações obtidas com dados do sensor WV-2. Percebe-se com este importante resultado que a caracterização precisa de alvos presentes no ambiente urbano necessita efetivamente de uma alta resolução espacial, entretanto, a junção dessa importante característica com a alta resolução espectral pode levar a resultados mais detalhados e precisos.

Palavras-chave: WorldView-2. ProSpecTIR V-S. Classificação de Cobertura do Solo Urbano.

CLASSIFICATION OF URBAN AREAS WITH MULTISPECTRAL AND HYPERSPECTRAL IMAGES USING NONPARAMETRIC METHODS

ABSTRACT

Urban environments account for one of the most challenging areas for remote sensing analyses due to the great diversity of materials found at their surface. The usage of high spatial and spectral resolution imagery arises as an ideal solution for urban applications because the combination of these two characteristics allows a better targets detection and discrimination of targets. This thesis is committed to evaluate two datasets: one exclusively composed by an orbital multispectral image (WorldView-2) and attributes derived from its processing; and another one solely composed by an airbone hyperspectral image (SpecTIR) and attributes derived from its processing as well. For classification experiments were conducted with each dataset (multispectral and hyperspectral), using the C4.5 decision tree and random forest methods at two distinct legend levels. Level 1 contains 11 urban land cover classes, and Level 2, a more refined one, presents 38 urban land cover classes. Differences in performance between the classification methods and the two datasets were analyzed for these two levels. The eight classification experiments produced attained high accuracy, with Kappa indices ranging from 0.6712 to 0.7857, and global accuracy varying from 70.07% to 81.52%. The classifications for Level 1 presented similar results to those found in previous peer-review works. On their turn, the classifications for Level 2 dealt with a legend level not yet reported in the scientific literature hitherto, in which visually similar surface materials throughout the scene could be individually characterized. The hypothesis tests comparing the performance of classifiers for Level 1 using the WV-2 dataset demonstrated that the Random Forest was significantly superior to C4.5 classifications. Regarding the Legend Level 2, the RF classifier was significantly superior for WV-2. Concerning the SpecTIR datasets, both methods showed to be not significantly different for classification results. When the comparison focuses on the performance of the two datasets, it was demonstrated for all legend levels and classifiers that the results obtained with the SpecTIR sensor data were significantly superior to those based on the use of the WV-2 data. It can be inferred from these relevant results that the precise characterization of urban targets effectively needs high spatial resolution, however, the association of both high spatial and high spectral resolution will certainly lead to increasingly detailed and accurate results.

Keywords: WorldView-2. ProSpecTIR V-S. Urban Land Cover Classification.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 2.1 - Processo de descoberta do conhecimento. 15
Figura 3.1 - Localização da área de estudo. 31
Figura 3.2 - Procedimentos metodológicos realizados no presente trabalho. 33
Figura 3.3 - Parâmetros da correção atmosférica da imagem SpecTIR..... 35
Figura 3.4 - Pontos obtidos em campo..... 37
Figura 3.5 - Observação de campo utilizando o GPS Geodésico Topcon HIPER GGD. 38
Figura 3.6 – Exemplos de bandas ruidosas do SpecTIR removidas da análise dos dados: (a) Banda 116 (943,68 nm) e (b) Banda 270 (1.905,58 nm). 41
Figura 3.7 - Interface do eCognition 8.7, mostrando a segmentação de imagens (à esquerda) e a coleta de amostras (à direita). 69
Figura 3.8 - Interface do eCognition 8.7 para exportação das amostras..... 70
Figura 3.9 - Demonstração do uso de dois diferentes nós para compor uma árvore de decisão..... 72
Figura 3.10 - Exemplo de árvore de decisão C4.5 gerada pelo *software* WEKA..... 75
Figura 3.11 - Exemplo de árvore de decisão C4.5 gerada pelo *software* WEKA no formato textual.. 76
Figura 3.12 - Erro do *Random Forest* em função do número de árvores do modelo..... 79
Figura 3.13 - Imagem WV-2 da área de estudo na composição 7R5G3B.... 83
Figura 3.14 - Mapa de referência no Nível de Legenda 1. 84
Figura 3.15 - Mapa de referência no Nível de Legenda 2. 85
Figura 3.16 - Conjunto de pontos aleatórios dispostos sobre o mapa de referência. 86
Figura 4.1 - Modelo Digital de Superfície. 92

Figura 4.2 - Modelo Digital de Terreno. 92
Figura 4.3 - Modelo Digital de Altura. 93
Figura 4.4 - Atributo Customizado 1 para os dados WV-2. 94
Figura 4.5 - Atributo Customizado 2 para os dados WV-2. 94
Figura 4.6 - Atributo Customizado 3 para os dados WV-2. 95
Figura 4.7 - Atributo Customizado 4 para os dados WV-2. 95
Figura 4.8 - Atributo Customizado 5 para os dados WV-2. 96
Figura 4.9 - Atributo Customizado 6 para os dados WV-2. 96
Figura 4.10 - Atributo Customizado 7 para os dados WV-2. 97
Figura 4.11 - Atributo Customizado 8 para os dados WV-2. 97
Figura 4.12 - Atributo Customizado 9 para os dados WV-2. 98
Figura 4.13 - Atributo Customizado 10 para os dados WV-2. 98
Figura 4.14 - Atributo Customizado 11 para os dados WV-2. 99
Figura 4.15 - Atributo Customizado 12 para os dados WV-2. 99
Figura 4.16 - Atributo Customizado 13 para os dados WV-2. 100
Figura 4.17 - Atributo Customizado 14 para os dados WV-2. 100
Figura 4.18 - Atributo Customizado 15 para os dados WV-2. 101
Figura 4.19 - Atributo Customizado 16 para os dados WV-2. 101
Figura 4.20 - Atributo Customizado 17 para os dados WV-2. 102
Figura 4.21 - Atributo Customizado 18 para os dados WV-2. 102
Figura 4.22 - Atributo Customizado 19 para os dados WV-2. 103
Figura 4.23 - Atributo Customizado 20 para os dados WV-2. 103
Figura 4.24 - Atributo Customizado 21 para os dados WV-2. 104
Figura 4.25 - Atributo Customizado 22 para os dados WV-2. 104
Figura 4.26 - Atributo *Brightness* para os dados WV-2. 105
Figura 4.27 - Atributo NDVI para os dados WV-2. 105
Figura 4.28 - Atributo SAVI para os dados WV-2. 106
Figura 4.29 - Atributo Customizado 1 para os dados SpecTIR. 106
Figura 4.30 - Atributo Customizado 2 para os dados SpecTIR. 107
Figura 4.31 - Atributo Customizado 3 para os dados SpecTIR. 107
Figura 4.32 - Atributo Customizado 4 para os dados SpecTIR. 108

Figura 4.33 - Atributo Customizado 5 para os dados SpecTIR. 108
Figura 4.34 - Atributo Customizado 6 para os dados SpecTIR. 109
Figura 4.35 - Atributo Customizado 7 para os dados SpecTIR. 109
Figura 4.36 - Atributo Customizado 8 para os dados SpecTIR. 110
Figura 4.37 - Atributo Customizado 9 para os dados SpecTIR. 110
Figura 4.38 - Atributo Customizado 10 para os dados SpecTIR. 111
Figura 4.39 - Atributo Customizado 11 para os dados SpecTIR. 111
Figura 4.40 - Atributo Customizado 12 para os dados SpecTIR. 112
Figura 4.41 - Atributo Customizado 13 para os dados SpecTIR. 112
Figura 4.42 - Atributo Customizado 14 para os dados SpecTIR. 113
Figura 4.43 - Atributo Customizado 15 para os dados SpecTIR. 113
Figura 4.44 - Atributo Customizado 16 para os dados SpecTIR. 114
Figura 4.45 - Atributo Customizado 17 para os dados SpecTIR. 114
Figura 4.46 - Atributo Customizado 18 para os dados SpecTIR. 115
Figura 4.47 - Atributo Customizado 19 para os dados SpecTIR. 115
Figura 4.48 - Atributo Customizado 20 para os dados SpecTIR. 116
Figura 4.49 - Atributo Customizado 21 para os dados SpecTIR. 116
Figura 4.50 - Atributo Customizado 22 para os dados SpecTIR. 117
Figura 4.51 - Atributo *Brightness* para os dados SpecTIR. 117
Figura 4.52 - Atributo NDVI para os dados SpecTIR..... 118
Figura 4.53 - Atributo SAVI para os dados SpecTIR. 118
Figura 4.54 - Atributos selecionados pela árvore C4.5 para os dados WV-2 - Nível 1. 120
Figura 4.55 - Atributos selecionados pelas árvores RF para os dados WV-2 - Nível 1. 120
Figura 4.56 - Classificação da imagem WV-2 com o método C4.5 para o Nível de Legenda 1. 121
Figura 4.57 - Classificação da imagem WV-2 com o método RF para o Nível de Legenda 1. 122
Figura 4.58 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 1. ... 124

Figura 4.59 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método RF para o Nível de Legenda 1. 125
Figura 4.60 - Atributos utilizados pelo classificador C4.5 para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 1..... 126
Figura 4.61 - Atributos utilizados pelo classificador RF para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 1..... 127
Figura 4.62 - Classificação da imagem SpecTIR com o método C4.5 para o Nível de Legenda 1. 128
Figura 4.63 - Classificação da imagem SpecTIR com o método RF para o Nível de Legenda 1. 129
Figura 4.64 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 1. 130
Figura 4.65 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método RF para o Nível de Legenda 1. . 131
Figura 4.66 - Atributos utilizados pelo classificador C4.5 para classificar os dados WV-2 para o Nível de Legenda 2..... 133
Figura 4.67 - Atributos utilizados pelo classificador RF para classificar os dados WV-2 para o Nível de Legenda 2..... 133
Figura 4.68 - Classificação da imagem WV-2 com o método C4.5 para o Nível de Legenda 2. 134
Figura 4.69 - Classificação da imagem WV-2 com o método RF para o Nível de Legenda 2. 135
Figura 4.70 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 2. ... 137
Figura 4.71 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método RF para o Nível de Legenda 2. 138
Figura 4.72 - Atributos utilizados pelo classificador C4.5 para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2..... 139
Figura 4.73 - Atributos utilizados pelo classificador RF para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2..... 140

Figura 4.74 - Classificação da imagem SpecTIR com o método C4.5 para o Nível de Legenda 2. 141
Figura 4.75 - Classificação da imagem SpecTIR com o método RF para o Nível de Legenda 2. 142
Figura 4.76 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 2. 143
Figura 4.77 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método RF para o Nível de Legenda 2. . 144
Figura 4.78 - Índice Kappa para as classificações do Nível de Legenda 1. 145
Figura 4.79 - Índice Kappa para as classificações do Nível de Legenda 2. 146
Figura 4.80 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método C4.5 – Nível de Legenda 1. 147
Figura 4.81 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método RF– Nível de Legenda 1. 147
Figura 4.82 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método C4.5 – Nível de Legenda 1. 148
Figura 4.83 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método RF – Nível de Legenda 1. 148
Figura 4.84 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método C4.5 – Nível de Legenda 2. 149
Figura 4.85 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método RF – Nível de Legenda 2. 149
Figura 4.86 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método C4.5 – Nível de Legenda 2. 149
Figura 4.87 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método RF – Nível de Legenda 2. 150
Figura 4.88 - Diagrama de espalhamento das classes Lago e Piscina (Classificação WV-2 / C4.5 / N1) utilizando os atributos MDA e AC21. 155

Figura 4.89 - Diagrama de espalhamento das classes Policarbonato e Sombra (Classificação WV-2 / RF / N2) utilizando os atributos AC 12 e AC 21. 155
Figura 4.90 - Mapa de referência (A) e classificações para o Nível de Legenda 1: WV-2 com C4.5 (B), WV-2 com RF (C), SpecTIR com C4.5 (D) e SpecTIR com RF (E). 157
Figura 4.91 - Mapa de referência (A) e classificações para o Nível de Legenda 2: WV-2 com C4.5 (B), WV-2 com RF (C), SpecTIR com C4.5 (D) e SpecTIR com RF (E). 158

LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 2.1 - Estado da arte em classificação do ambiente urbano. 26
Tabela 3.1 - Lista de bandas ruidosas do SpecTIR descartadas da análise de dados 40
Tabela 3.2 - Atributos utilizados nas classificações por C4.5 e RF. 43
Tabela 3.3 - Parâmetros das segmentações. 47
Tabela 3.4 - Níveis hierárquicos de classificação do solo urbano nos Níveis de Legenda 1 e 2 com suas respectivas respostas espectrais e detalhes das classes. 48
Tabela 3.5 - Categorização do índice Kappa. 88
Tabela 4.1 - Valores de erro OOB para as classificações RF. 150
Tabela C.1 – Matriz de confusão para os dados WV-2, com o classificador C4.5, para o Nível de Legenda 1 318
Tabela C.2 – Matriz de confusão para os dados WV-2, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 1 319
Tabela C.3 – Matriz de confusão para os dados SpecTIR, com o classificador C 4.5, para o Nível de Legenda 1. 320
Tabela C.4 – Matriz de confusão para os dados SpecTIR, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 1. 321
Tabela C.5 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados WV-2, com o classificador C 4.5, para o Nível de Legenda 2 322
Tabela C.6 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados WV-2, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 2 323
Tabela C.7 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados SpecTIR, com o classificador C 4.5, para o Nível de Legenda 2. 324

Tabela C.8 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados SpecTIR, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 2. 325
Tabela D.1 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados WV-2 para o Nível de Legenda 1. 326
Tabela D.2 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados SpecTIR para o Nível de Legenda 1. 327
Tabela D.3 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados WV-2 para o Nível de Legenda 2. 328
Tabela D.4 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2. 330
Tabela E.1. Testes de hipóteses individuais por classificação para o Nível de Legenda 1. 332
Tabela E.2. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos métodos C4.5 e Random Forest (RF) para o Nível de Legenda 1. 333
Tabela E.3. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos sensores WV – 2 e Spectir para o Nível de Legenda 1. 333
Tabela E.4. Testes de hipóteses individuais por classificação para o Nível de Legenda 2. 334
Tabela E.5. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos métodos C4.5 e Random Forest (RF) para o Nível de Legenda 2. 335
Tabela E.6. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos sensores WV – 2 e Spectir para o Nível de Legenda 1. 335

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Atributo Customizado
ANN	*Artificial Neural Networks* (Redes Neurais Artificiais)
B_n	Banda (em que *n* é o número da banda)
CRFS	Cimento Reforçado com Fio Sintético
C-Voting	Votação C (algoritmo de votação para multiclassificações geradas pelo classificador Máquina de Vetores de Suporte ou *Support Vector Machine* - SVM)
C4.5	Árvore de Decisão C4.5
DMP	*Derivative of the Morphological Profile* (Derivada do Perfil Morfológico)
DP	Desvio Padrão
FE	*Feature Extraction* (Extração de Atributos)
FLAASH	*Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (Análise Rápida de Linha de Visão Atmosférica de Hipercubos Espectrais)
FS	*Feature Selection* (Seleção de Atributos)
GLCM	*Gray Level Co-occurrence Matrix (*Matriz de Co-ocorrência de Nível de Cinza)
GNSS	*Global Navigation Satellite System* (Sistema Global de Navegação por Satélites)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFOV	*Instantaneous Field of View* (Campo de Visada Instantânea)
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
J48	Algoritmo C4.5 do WEKA
K	Índice Kappa
KDD	*Knowledge Discovery from Data* (Descoberta de Conhecimento a partir dos Dados)
KRR	*Kernel Ridge Regression* (Regressão de Crista de Núcleo ou Regressão de Crista Kernel)

K_P	Kappa Condicional do Produtor
K_U	Kappa Condicional do Usuário
LIDAR	*Light Detection And Ranging* (Detecção e Classificação da Luz)
MAXVER	*Maximum Likelihood Classifier (Classificador de Máxima Verossimilhança)*
MDA	Modelo Digital de Altura
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDSn	Modelo Digital de Superfície Normalizado
MDT	Modelo Digital de Terreno
MNF	*Minimum Noise Fraction* (Fração Mínima de Ruído)
MODTRAN	*Moderate Resolution Transmittance* (Transmitância de Resolução Moderada)
NDVI	*Normalized Difference Vegetation Index* (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
NIR	*Near InfraRed (*Infravermelho Próximo)
ANN	*Artificial Neural Networks* (Redes Neurais Artificiais)
OBIA	*Object Based Image Analysis* (Análise de Imagens Baseada em Objeto)
OBSA	Object-Based Semantic Approach (Abordagem Semântica Baseada em Objeto)
OOB	*Out of Bag Error* (Erro Fora do Saco)
PCA	*Principal Component Analysis* (Análise de Componentes Principais)
P-Fusion	*Probabilistic Fusion* (Fusão Probabilística)
PLSR	*Partial Least Squares Regression* (Regressão por Mínimos Quadrados Parciais)
RF	*Random Forest* (Floresta Randômica)
RFR	*Random Forest Regression* (Regressão por Floresta Randômica)

SAM	*Spectral Angle Mapper* (Mapeador de Ângulo Espectral)
SAR	*Synthetic Aperture Radar* (Radar de Abertura Sintética)
SAVI	*Soil Adjusted Vegetation Index* (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo*)*
SVR	*Support Vector Regression* (Regressão de Vetores de Suporte)
SpecTIR	ProSpecTIR - VS (Sensor hiperespectral que opera nas faixas do Visível e Infravermelho Próximo ou *Visible and Near Infrared* - VNIR e no Infravermelho de Ondas Curtas ou *Shortwave* Infrared - SWIR)
SWIR	*Short Wave InfraRed* (Infravermelho de Ondas Curtas)
UCI	*Urban Complexity Index* (Índice de Complexidade Urbana)
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UTM	Universal Transverse Mercator (Universal Tranversa de Mercator)
WEKA	*Waikato Environment for Knowledge Analysis (*Waikato Ambiente para Análise do Conhecimento)
WGS-84	*World Geodetic System 1984* (Sistema Geodésico Global 1984)
WV-2	WorldView-2

SUMÁRIO

Pág.

1 INTRODUÇÃO 1
1.1. Hipótese do Trabalho 5
1.2. Objetivos 6
1.2.1. Objetivo Geral 6
1.2.2. Objetivos Específicos 6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 9
2.1. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto 9
2.1.1. Correção Atmosférica 9
2.1.2. Ortorretificação 10
2.1.3. Extração de Atributos (*Feature Extraction)* 11
2.1.3.1. Fração Mínima de Ruído (*Minimum Noise Fraction* - MNF) 12
2.1.3.2. Atributos Customizados 13
2.1.4. Mineração de Dados 14
2.1.5. Segmentação Multirresolução 16
2.1.6. Classificação de Imagens 17
2.1.7. Métricas para Avaliação da Qualidade 19
2.2. Classificação de Ambientes Urbanos 21
3 METODOLOGIA 31
3.1. Área de Estudo 31
3.2. Imagens Orbital e Aerotransportada Utilizadas 32
3.3. Procedimentos Metodológicos 32
3.3.1. Pré-Processamento das Imagens WV-2 e SPECTIR 33
3.3.2. Extração de Atributos dos Dados WV-2 e SPECTIR 41
3.3.3. Segmentação e Classificação dos Dados WV-2 E SPECTIR 46
3.3.3.1. Segmentação de Imagens 46
3.3.3.2. Classificação utilizando árvores de decisão 70
3.3.3.2.1. Árvore de Decisão C4.5 74
3.3.3.2.2. Floresta Randomica (*Random Forest - RF)* 77

3.3.4. Validação dos Resultados 81
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 91
4.1. Resultados para o Nível de Legenda 1 119
4.1.1. Resultados das classificações do Nível de Legenda 1 utilizando imagens do WorldView-2 119
4.1.2. Resultados das classificações do Nível de Legenda 1 utilizando imagens do SpecTIR 126
4.2 Resultados para o Nível de Legenda 2 132
4.2.1 Resultados das classificações do Nível de Legenda 2 utilizando imagens do WorldView-2 132
4.2.2 Resultados das classificações do Nível de Legenda 2 utilizando imagens do SpecTIR 139
4.3 Resultados do índice Kappa, erro OOB e testes de hipótese 145
4.4 Discussão 152
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 150
APÊNDICE A - ÁRVORES DE DECISÃO PARA CENA WORLDVIEW-2 .. 164
A.1 Nível de Detalhamento 1 164
A.1.1 Árvore C.45 164
A.1.2 Árvores Random Forest 167
A.2 Nível de Detalhamento 2 203
A.2.1 Árvore C.45 203
A.2.2 Árvores Random Forest 206
APÊNDICE B- ÁRVORES DE DECISÃO PARA A CENA SPECTIR 244
B.1 Nível de Detalhamento 1 244
B.1.1 Árvore C.45 244
B.1.2 Árvores Random Forest 246
B.2 Nível de Detalhamento 2 274
B.2.1 Árvore C.45 274
B.2.2 Árvores Random Forest 277
APÊNDICE C - MATRIZES DE CONFUSÃO 318

APÊNDICE D – ÍNDICES KAPPA CONDICIONAIS POR CLASSE 326
APÊNDICE E - TESTES DE HIPÓTESE..... 332

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do sensoriamento remoto orbital na década de 1970 até os dias atuais, nota-se constante evolução dos sistemas sensores. Eles se tornam cada vez mais eficazes e capazes de observar remotamente os mais diferentes alvos presentes na superfície da Terra. A melhoria da resolução espacial dos sensores é um dos principais benefícios alcançados com o progresso desta tecnologia, o que tem favorecido, em especial, a identificação de alvos urbanos. Outro benefício alcançado com o progresso do sensoriamento remoto, que também tem favorecido a identificação de alvos urbanos, é o surgimento dos sensores hiperespectrais.

De acordo com Herold et al. (2003), os ambientes urbanos representam uma das mais desafiadoras áreas de análise para o sensoriamento remoto, pois sua diversidade espectral excede em muito a de outros ambientes e antropizados e naturais. Os materiais presentes no ambiente urbano apresentam alta diversidade espacial e espectral, pois incluem uma ampla gama de telhados, estradas, calçadas, submetidos a intemperismo e de diversas idades, qualidades e composições químicas, entre outras minúcias.

Na classificação de dados de sensoriamento remoto de áreas urbanas, a identificação de objetos relativamente pequenos é importante. Por conseguinte, uma elevada resolução espacial da imagem é necessária para a classificação precisa (MELGANI; BRUZZONE, 2004). Geralmente, as imagens orbitais disponíveis com resolução espacial submétrica são geradas somente em uma única faixa espectral pancromática. As imagens multiespectrais possuem geralmente resolução espacial inferior às de bandas pancromáticas. Isto pode não ser suficiente para a distinção precisa dos materiais presentes no ambiente urbano.

Sensores multiespectrais normalmente operam em um pequeno número de faixas espectrais largas (GOVENDER et al., 2006). Para Kerekes e Schott

(2007), os sensores multiespectrais apresentam normalmente entre três e dez faixas amplas e irregularmente espaçadas. Por sua vez, os sensores hiperespectrais adquirem dados em centenas de bandas estreitas, contíguas e regularmente espaçadas em uma dada faixa espectral (SHIPPERT, 2004).

De acordo com Jensen (2009), quando se extrai informação urbana a partir de dados gerados por sensores remotos, é frequentemente mais importante ter elevada resolução espacial do que elevada resolução espectral. Já para Taherzadeh et al. (2012), o sensoriamento remoto hiperespectral tem grande potencial de aplicação para a análise de cenas urbanas complexas.

É impossível pensar na identificação de alvos urbanos valendo-se de baixa resolução espacial. Entretanto, mesmo se trabalhando com um sensor de alta resolução espacial, caso os materiais presentes na cena apresentem resposta espectral semelhante, eles poderão ser confundidos, dependendo também do número de bandas utilizadas no processo de aquisição das imagens. De fato, o uso de um sensor hiperespectral melhora as chances de diferenciação desses materiais e sua correta identificação na cena. Deste modo, quanto mais estreitas forem as bandas espectrais, isto é, quanto melhor for a resolução espectral do sensor, mais detalhes acerca da resposta espectral dos alvos serão extraídos, o que possibilitará a diminuição considerável de erros de classificação.

A principal vantagem do sensoriamento remoto hiperespectral em estudos urbanos é a possibilidade de medir feições espectrais ou identificar bandas de absorção únicas presentes nos materiais nesse ambiente. O grande número de bandas contíguas permite a extração de informação acerca das propriedades químicas e físicas dos materiais (HEROLD et al., 2004). Assim, um alvo de difícil identificação por sensores multiespectrais tradicionais pode ser discriminado por sensores hiperespectrais dependendo das feições espectrais presentes nos espectros dos pixels.

Segundo Weber e O'Connell (2011), em certas aplicações, como, por exemplo, o mapeamento de área urbana, a integração de alta resolução espacial e espectral é importante para se atingir um mapeamento suficientemente preciso com bons resultados na discriminação de alvos. Assim, o quadro ideal para a identificação precisa de alvos urbanos seria a combinação dessas duas características (espacial e espectral), o que permitiria melhor detecção dos elementos que compõem o espaço urbano, sobretudo com o auxílio de classificadores automáticos de última geração.

Porém, sabe-se que os sensores orbitais hiperespectrais apresentam deliberado *trade-off*, em que a resolução espacial é degradada em favor da melhora da resolução espectral e da relação sinal/ruído (MANOLAKIS et al., 2003). Portanto, os sensores orbitais hiperespectrais disponíveis ainda não possuem alta resolução espacial, e a combinação dessas características (alta resolução espacial e espectral) só pode ser feita com o uso de sensores aerotransportados. Isso ocorre porque as limitações tecnológicas na obtenção de tais dados em aeronaves são menores que as impostas aos sensores orbitais (STREHER, 2013).

Sabendo-se da atual impossibilidade de obter uma imagem hiperespectral orbital de alta resolução espacial, opta-se pelos sensores hiperespectrais aerotransportados. Uma vantagem é o ajuste da revisita do sensor na data, no horário e na angulação de acordo com a necessidade do imageamento. Outro ajuste possível é o da resolução espacial, pois tal característica normalmente depende da altura de voo. Todavia, os sensores aéreos existentes adquirem dados sobre áreas geograficamente restritas da superfície da Terra (CRÓSTA; SOUZA FILHO, 2000).

Na literatura, em função da escassez de trabalhos relacionados com o tema, ainda não há consenso sobre os ganhos advindos do uso de sensores hiperespectrais aerotransportados de alta resolução espacial, quando comparado ao uso de sensores multiespectrais orbitais de resolução espacial

submétrica, para fins de classificação do espaço urbano com níveis detalhados de legenda[1]. Além disso, diferentes classificadores têm sido testados no estudo de áreas urbanas, mas também não existe consenso sobre o uso de diferentes técnicas com dados hiperespectrais. Este é o caso dos classificadores não-paramétricos baseados em árvores de decisão, capazes de lidar com massiva quantidade de dados de entrada, e ainda, pouco explorados neste âmbito do sensoriamento remoto.

Um dos melhores exemplos de sensores multiespectrais orbitais de resolução espacial submétrica é o WorldView-2 (WV-2), da Digital Globe. Ele atua em uma faixa pancromática e oito faixas multiespectrais, que apresentam, respectivamente, 0,46 m e 1,84 m de resolução espacial no nadir. Por questões de defesa na época de lançamento do sensor, a banda pancromática foi reamostrada para 0,50 m. As imagens são quantizadas em 11 bits. Além dos canais espectrais convencionais do azul (450-510 nm), verde (510-580 nm), vermelho (630-690 nm) e infravermelho próximo (705-745 nm), o sensor disponibiliza adicionalmente as bandas do azul costeiro (400-450 nm), amarelo (585-625 nm), vermelho limítrofe ou borda vermelha (705-745 nm) e infravermelho próximo 2 (860-1040 nm) (DIGITAL GLOBE, 2010).

Um exemplo que representa o estado da arte do sensoriamento remoto hiperespectral aerotransportado de alta resolução espacial é dado pelo ProSpecTIR VNIR-SWIR (SpecTIR). O instrumento é um imageador que reúne 357 bandas espectrais na faixa espectral compreendida entre 396 e 2467 nm, com campo de visada instantânea (*Instantaneous Field of View -*

---

[1] O termo nível de legenda (em inglês, *legend level*) é amplamente utilizado na literatura para se referir ao grau de detalhamento de uma classificação, expresso invariavelmente pelo número de classes constantes da legenda. Para maiores informações, consultar Herold et al. (2004), Gamba e Dell´Acqua (2007), Jensen (2009), Latifovic et al. (2012).

IFOV) de 1,31 mr, resolução espacial ajustável pela altura de voo (1 a 5 m) e uma resolução espectral fina de 5 nm (WRIGHT et al., 2011).

A possibilidade de se combinar dados multiespectrais do WV-2 com dados hiperespectrais do SpecTIR, ambos com alta resolução espacial, fornece uma oportunidade única para se estudar os níveis detalhados de legenda que podem ser alcançados em um espaço urbano com diferentes métodos de classificação.

A discriminação detalhada de materiais de cobertura do solo urbano, os quais compreendem materiais de pavimentações viária e não-viária, vegetação, corpos d´água, solo exposto e materiais de recobrimento de edificações (lajes, telhados, coberturas em geral, parapeitos, brises etc.), pode ser útil para fins de: (i) estimativas de reflectância desses materiais de superfície e da consequente determinação de sua contribuição para com o fenômeno de ilhas de calor urbanas, além de sua interferência no microclima urbano; (ii) diferenciação entre coberturas vãs e permanentes, bem como detecção de piscinas irregularmente construídas, para fins de tributação imobiliária urbana; (iii) identificação de materiais com compostos agressivos à saúde e/ou suposta ou reconhecidamente cancerígenos e da avaliação da sua relação com a incidência de patologias, entre outras finalidades investigativas e fiscalizatórias.

1.1. Hipótese do Trabalho

Dada a evolução dos sensores remotos em relação às características espaciais e espectrais, o presente trabalho apresenta a seguinte hipótese:

O uso de alta resolução espacial e da alta resolução espectral na caracterização do espaço urbano possibilita a transição para um nível de legenda mais avançado, no qual é possível distinguir materiais semelhantes, classificando toda a cena com um nível de legenda superior a 30 classes.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal do trabalho foi testar o uso de dados multiespectrais (WV-2) e hiperespectrais (SpecTIR) de alta resolução espacial e a utilização dos métodos Árvore de Decisão C4.5 e Floresta Randômica (*Random Forest* - RF) para análise do nível de legenda alcançado na classificação de áreas urbanas. Assim, o presente trabalho propõe a avaliação de dois conjuntos de dados: um deles composto exclusivamente por uma imagem orbital multiespectral (WV-2) e os atributos derivados de seu processamento; e o outro conjunto composto exclusivamente por uma imagem aerotransportada hiperespectral (SpecTIR) e os atributos derivados de seu processamento.

Para cada conjunto de dados (multiespectral e hiperespectral), foram realizados quatro experimentos de classificação de imagens, nos quais foram aplicados os métodos de C4.5 e RF em dois diferentes níveis de legenda, sendo um deles com 11 classes de cobertura, e o outro, mais detalhado, com a presença de todos os materiais visualmente identificados em campo, resultando em 38 classes de cobertura do solo urbano.

1.2.2. Objetivos Específicos

1 – Testar o desempenho de dois métodos diferentes de classificação de imagens (Árvore de Decisão C4.5 e Floresta Randômica), aplicando-os a dados de sensores de alta resolução espacial e espectral de última geração.

2 – Analisar a seleção de atributos realizada por cada método, identificando os atributos mais significativos para cada conjunto de dados em análise (WV-2 e SpecTIR).

3 – Verificar se os conjuntos de dados (WV-2 e SpecTIR) produzem resultados de classificação com níveis de legenda idênticos ou diferenciados, e se idênticos, avaliar se são significantemente distintos.

O objetivo principal do trabalho foi testar o uso de dados multiespectrais (WV-2) e hiperespectrais (SpecTIR) de alta resolução espacial e a utilização dos métodos Árvore de Decisão C4.5 e Floresta Randômica (*Random Forest* - RF) para análise do nível de legenda alcançado na classificação de áreas urbanas. Assim, o presente trabalho propõe a avaliação de dois conjuntos de dados: um deles composto exclusivamente por uma imagem orbital multiespectral (WV-2) e os atributos derivados de seu processamento; e o outro conjunto composto exclusivamente por uma imagem aerotransportada hiperespectral (SpecTIR) e os atributos derivados de seu processamento.

Para cada conjunto de dados (multiespectral e hiperespectral), foram realizados quatro experimentos de classificação de imagens, nos quais foram aplicados os métodos de C4.5 e RF em dois diferentes níveis de legenda, sendo um deles com 11 classes de cobertura, e o outro, mais detalhado, com a presença de todos os materiais visualmente identificados em campo, resultando em 38 classes de cobertura do solo urbano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto

2.1.1. Correção Atmosférica

A correção atmosférica de imagens é um pré-processamento realizado com a intenção de minimizar os efeitos atmosféricos de absorção e espalhamento presentes na cena. Para a realização de uma análise espectral por meio de dados de sensoriamento remoto, é essencial a realização de adequada correção atmosférica, pois a atmosfera presente entre a superfície da Terra e o sensor é composta por diferentes gases e partículas em suspensão, que afetam a qualidade da imagem.

Os dados de saída, após a realização da correção atmosférica, passam a representar valores de reflectância de superfície. A recuperação da reflectância de cada pixel a partir da radiância observada é facilitada pela utilização de algoritmos de correção atmosférica. A representação da reflectância resultante pode ser usada para identificar os materiais específicos de uma cena (MANOLAKIS et al., 2003).

De acordo com Andrade (2012), os efeitos de absorção por diferentes constituintes da atmosfera solicitam especial atenção no uso de sensores hiperespectrais, que adquirem dados em bandas estreitas e contíguas. Em estudos de monitoramento da superfície terrestre ao longo do tempo, tal pré-processamento é imprescindível para deixar os dados multitemporais na mesma escala radiométrica (SONG et al., 2001). Além da necessidade de correção atmosférica para um conjunto de dados multitemporal, é imprescindível a correção atmosférica para conjuntos de dados formados por imagens de diferentes sensores, pois somente assim as imagens estarão em uma mesma grandeza física e poderão ser analisadas conjuntamente. A correção atmosférica também é necessária para o cálculo de índices de

vegetação computados a partir de duas ou mais bandas espectrais, visto que as bandas são afetadas diferentemente, de acordo com o comprimento de onda, pelo espalhamento atmosférico (MATHER, 1999).

Atualmente, há na literatura diversos métodos para correção atmosférica aplicáveis a dados multiespectrais e hiperespectrais. Para melhor compreensão, Latorre et al. (2002) os dividem em métodos alternativos e métodos físicos, em que os métodos alternativos são correções empíricas que obtêm valores relativos de reflectância válidos apenas para a cena estudada. Já para a aplicação dos métodos físicos, é fundamental o conhecimento das propriedades ópticas da atmosfera, bem como do processo de interação da radiação com a atmosfera e com a superfície.

O procedimento utilizado no presente trabalho é o método MODTRAN 4 (*Moderate Resolution Transmittance*), baseado na Teoria de Transferência Radiativa, apresentado por Berk et al. (1998) e empregado por meio da ferramenta "Análise Rápida de Linha de Visão Atmosférica de Hipercubos Espectrais" (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes - FLAASH*) do aplicativo ENVI 4.8. A correção de vapor d'água é feita pixel a pixel pelo FLAASH usando os dados da própria imagem, ou mais especificamente, uma das três bandas de absorção de vapor d'água localizadas em 830 nm, 940 nm ou 1135 nm.

2.1.2. Ortorretificação

As variações na topografia da superfície da Terra e na atitude do sensor durante o imageamento afetam a distância entre o alvo imageado e o instrumento imageador. Assim, quanto mais diversificada topograficamente for a paisagem e quanto maiores forem as variações da plataforma que conduz o sensor, maiores serão as distorções geométricas da imagem. O processo de ortorretificação visa gerar uma imagem corrigida de tais erros/ distorções.

A ortorretificação de imagens é uma das mais importantes etapas do pré-processamento (REINARTZ et al., 2011). Ela se baseia em um modelo matemático, o qual realiza a correspondência entre o espaço-imagem e o espaço-objeto, estabelecendo as correções das distorções que ocorrem na formação da imagem (LEONARDI, 2010). Para a correção dos deslocamentos devido ao relevo, a ortorretificação utiliza-se de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e/ou pontos do Sistema Global de Navegação por Satélites (*Global Navigation Satellite System* - GNNS) coletados em campo.

Uma ortofoto é uma fotografia apresentada na forma digital, que representa as feições projetadas ortogonalmente, com uma escala constante, corrigida do deslocamento devido ao relevo e da inclinação da câmera, sendo, por isso, geometricamente equivalente a uma carta (NAKAHORI, 2010). A ortoimagem combina a representação das feições representadas pela imagem com a geometria proporcionada pela carta (DEBIASI, 2008). Os termos ortofoto e ortoimagem se referem à execução do mesmo procedimento de ortorretificação sobre uma foto aérea e uma imagem de satélite, respectivamente.

2.1.3. Extração de Atributos (*Feature Extraction)*

A extração de atributos visa à seleção das melhores variáveis do conjunto de dados de entrada que serão utilizadas na classificação. Neste sentido, as imagens de entrada sofrem transformações ou passam por operações aritméticas para gerar novos atributos e assim poder separar de forma mais efetiva as classes de interesse.

É comum utilizar transformações, métricas de textura, índices de vegetação, índices de água, além de atributos aritméticos customizados com base em operações entre bandas na etapa de extração de atributos dessas imagens.

Tong et al. (2014) comprovam que o uso da imagem acrescido de atributos derivados da imagem original aumenta a acurácia da classificação. Assim, os

atributos extraídos para a execução do presente trabalho, visando à melhora da classificação de imagens, são descritos a seguir.

2.1.3.1. Fração Mínima de Ruído (*Minimum Noise Fraction* - MNF)

A transformação MNF é um procedimento estatístico que envolve a Análise por Principais Componentes (PCA) e que concilia tanto os procedimentos de segregação da componente ruído, quanto também de redução da dimensionalidade dos dados sem perda de informação (GREEN et al., 1988). A transformação MNF é usada para diminuir a dimensionalidade inerente aos dados, segregar o ruído presente nos mesmos e reduzir o custo computacional para um processamento subsequente (BOARDMAN; KRUSE, 1994).

Essencialmente, a transformação MNF segue duas transformações em cascata, sendo que a primeira se baseia em uma matriz de covariância estimada de ruído para remover a correlação interbandas e reescalonar o ruído. Esta transformação resulta em um conjunto de bandas caracterizadas por variância igual. A segunda consiste na transformação padrão por Componentes Principais, resultando em um novo conjunto de bandas que é ordenado segundo os autovalores que expressam a variância das bandas. A ordem crescente das componentes implica aumento do nível de ruído (LINN, 2008).

A transformação MNF é equivalente à transformação PCA quando a variância do ruído é a mesma para todas as bandas. Quando o ruído ocorre em apenas uma banda, a transformação se reduz a uma regressão linear múltipla (GREEN et al., 1988).

A principal diferença entre os métodos MNF e PCA é que a PCA realiza o ordenamento dos dados de acordo com a variância, enquanto a MNF o realiza por meio da relação sinal/ruído. Assim, a transformação por MNF permite o

ordenamento de suas componentes conforme a qualidade da imagem expressa pelo nível de ruído presente na cena (LEE et al., 1990).

2.1.3.2. Atributos Customizados

Os atributos customizados (AC) foram gerados por operações aritméticas entre as faixa espectrais. Este termo indica que uma formulação matemática foi aplicada como forma de processamento das imagens. Tais operações matemáticas têm como resultado uma nova matriz de dados, ou seja, uma nova imagem customizada completamente distinta das imagens de entrada. O processamento é executado pixel a pixel por meio da regra matemática implementada.

A facilidade para executar as operações aritméticas de soma, subtração, multiplicação e divisão é uma notável demonstração das vantagens do uso de processamento de imagens multiespectrais. É um processo bastante rápido para ajustar e suavizar imagens muito ruidosas ou para se obter realces de toda a área de uma imagem ou de alvos específicos de interesse do analista (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Os índices de vegetação também podem ser considerados atributos customizados, pois também são gerados por operações aritméticas entre as faixa espectrais. Os índices de vegetação são propostos com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). Entre os atributos customizados gerados nesta pesquisa, os índices NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), posteriormente detalhados, foram incluídos com seus nomes próprios por serem amplamente conhecidos na literatura com esta terminologia.

2.1.4. Mineração de Dados

A implantação de instrumentos de última geração, tanto em plataformas terrestres quanto em satélites, fornece grande quantidade de dados de alta resolução espacial e espectral. Mais recentemente, o aumento no volume, na velocidade e na variedade de dados contribuiu para que o termo *Big Data* pudesse ser compartilhado pelo sensoriamento remoto com muitas outras disciplinas científicas (CAVALLARO et al., 2015).

Dada a existência de um conjunto *Big Data*, surge a necessidade da Mineração de Dados (*Data Mining*) que é definida por Han et al. (2012) como o processo de descoberta de padrões interessantes e de conhecimento a partir de grandes quantidades de dados. Os mesmos autores também demonstram o conceito de Descoberta do Conhecimento a partir dos Dados (*Knowledge Discovery from Data* - KDD) , em que a mineração de dados é vista apenas como um passo essencial no processo de descoberta do conhecimento. O processo de descoberta do conhecimento é apresentado na Figura 2.1.

Atualmente, uma vasta quantidade de dados está à disposição da comunidade de sensoriamento remoto. Descobrir o conhecimento ou a verdadeira informação de interesse dentro de um vasto conjunto de dados é o desafio da Mineração de Dados. No processamento de dados hiperespectrais, imagens em várias centenas de bandas são normalmente adquiridas. A alta dimensionalidade dos dados causa uma grande demanda computacional nos processos para obtenção de informações.

Figura 2.1 - Processo de descoberta do conhecimento.

Fonte: Adaptado de Han et al. (2012).

De acordo com Linn (2008), no processamento de imagens hiperespectrais, três importantes fatores devem ser considerados: o alto grau de correlação entre as bandas estreitas e contíguas, a suscetibilidade a ruídos e a demanda computacional. Assim, a maioria das aplicações hiperespectrais exige a aplicação de técnicas que permitam reduzir o volume/dimensionalidade dos dados, sem perda de informação crítica, de maneira que os dados possam ser processados de forma eficiente e assimilados por um analista humano (HARSANYI; CHANG, 1994).

O presente trabalho não empregou algoritmos exclusivamente de mineração de dados com o objetivo de determinar a relevância dos atributos ou ordená-los por importância, como os propostos por Kohavi e John (1997); Hall (1998) e Guyon et al. (2002). Utilizou dois classificadores, que em tempo serão descritos neste documento. Ambos possuem a potencialidade de receber dados de entrada de grandes dimensões e intrinsecamente também selecionam os atributos ideais para separar os alvos de interesse da classificação.

2.1.5. Segmentação Multirresolução

Um passo importante para a maioria das abordagens de análise de imagem é a segmentação de imagens, que consiste em particionar a imagem em regiões homogêneas, permitindo a detecção e a separação do conjunto de pixels que constituem os objetos de interesse (COSTA; CESAR JR., 2000).

A segmentação de imagens tem sido um problema amplamente discutido no campo de processamento de imagens digitais e visão computacional. Algoritmos de segmentação por crescimento de regiões agrupam pixels ou sub-regiões em regiões maiores, partindo de um conjunto de pontos iniciais (sementes), que crescem anexando regiões adjacentes que possuam propriedades similares (como, por exemplo, textura ou cor). Essa classe de algoritmos tem tido ampla aplicação especialmente na área de sensoriamento remoto. Entretanto, possuem a desvantagem do alto custo computacional associado a imagens muito grandes (HAPP et al., 2009).

Segundo Baatz e Schäpe (2000), a segmentação multirresolução é aplicada quando objetos de interesse aparecem em escalas diferentes em uma imagem ao mesmo tempo. O procedimento de segmentação multirresolução foi desenvolvido para produzir segmentos de imagens de diferentes resoluções e de alta qualidade. A segmentação multirresolução é essencialmente um procedimento de otimização heurística, que minimiza

localmente a média da heterogeneidade dos objetos da imagem para uma dada resolução sobre a cena inteira (MATSUOKA; HAERTEL, 2007).

A abordagem multirresolução é fundamentada no fato de que objetos pequenos podem ser adequadamente analisados em uma resolução mais fina, enquanto objetos maiores podem ser apropriadamente manipulados em uma resolução mais grosseira. A segmentação pode ser realizada em múltiplas resoluções, pela variação de parâmetros do algoritmo de segmentação, que altera o nível de resolução do processamento (LEONARDI, 2010).

O parâmetro de escala é usado para controlar o tamanho médio dos segmentos. Quanto mais alto o valor atribuído ao parâmetro, maiores serão os objetos e, com isto, menor a quantidade de objetos criados (FRANCISCO; ALMEIDA, 2012a). O critério da forma determina o quanto a forma influencia o grau de segmentação em comparação com a cor. Por exemplo, uma forma de 0,6 resulta em uma ponderação de cor de 0,4, pois são parâmetros complementares (DEFINIENS, 2007). Compacidade e suavidade são igualmente parâmetros complementares, sendo que a compacidade é a razão do comprimento da borda de um segmento pelo número total de pixels deste, ao passo que a suavidade é a razão entre a borda do segmento e o comprimento de um retângulo que o envolve (RIBEIRO; CENTENO, 2005). O parâmetro peso deve ser atribuído às imagens de acordo com seu grau de importância no processo de segmentação (FRANCISCO; ALMEIDA, 2012b).

Por fim, é importante mencionar que a segmentação e a classificação de imagens têm objetivos estreitamente relacionados (JAIN, 1989).

2.1.6. Classificação de Imagens

O sensoriamento remoto tem como um dos seus principais objetivos a extração das informações contidas nas imagens. Com este objetivo, critérios são estabelecidos para a análise dos elementos que compõem a paisagem,

utilizando-se das propriedades dos objetos presentes na imagem, como cor, forma, textura, sombra, entre outras propriedades específicas de cada classe de alvos. O resultado final da classificação é uma imagem digital, que constitui um mapa temático de pixels ou conjuntos de pixels classificados, representando em polígonos os padrões homogêneos de classes de alvos presentes na cena (MENESES; SANO, 2012).

De acordo com Griffiths et al. (2010), a classificação de alvos urbanos continua a ser uma das tarefas mais difíceis de análise de dados de sensoriamento remoto, pois mesmo com resoluções espaciais típicas de sensores aéreos, uma grande proporção de pixels da imagem ainda será uma mistura de tipos de cobertura fundamentais. Este problema de heterogeneidade espacial e espectral é agravado em áreas suburbanas, onde a cobertura do solo é frequentemente uma “colcha de retalhos”. Sabe-se que algumas dificuldades no mapeamento da cobertura do solo urbano são inerentes ao próprio alvo e devem ser consideradas.

De acordo com Cortijo e La Blanca (1997), os classificadores espectrais são divididos em duas categorias principais: classificadores paramétricos e não-paramétricos. Os classificadores paramétricos assumem a existência *a priori* de uma distribuição de probabilidades fundamental entre os dados. Os classificadores não-paramétricos extrapolam a noção de distribuições de probabilidade contínuas e métricas, focando-se em problemas discretos, que são resolvidos por métodos de reconhecimento de padrões baseados em regras ou sintática (DUDA et al., 2012).

As formas paramétricas raramente se encaixam às densidades realmente encontradas na prática. A única informação disponível é o conjunto de treinamento. As regras de classificação devem ser construídas apenas a partir delas, sem hipóteses adicionais (CORTIJO; LA BLANCA, 1997). Os classificadores não-paramétricos utilizados no presente trabalho serão descritos posteriormente.

2.1.7. Métricas para Avaliação da Qualidade

A avaliação da qualidade da classificação ou a validação dos resultados da classificação busca estimar a acurácia da classificação. De acordo com Machado et al. (2008), o termo acurácia deve ser compreendido como a proximidade da medida relativamente ao verdadeiro valor da variável e é importante não realizar confusões com o termo precisão que indica a proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de mensuração.

Assim, a acurácia da classificação é normalmente expressa em termos de índices que são calculados a partir de matrizes de erros, que expressam a concordância entre a imagem classificada e o conjunto de dados de referência (MENESES; SANO, 2012).

De acordo com Rennó (2015), a comparação entre um mapa temático e uma referência pode ser feita por:

- pontos simples (ou pixels de uma imagem ou células de uma grade);
- grupos de pontos (avaliação contextual);
- polígonos (ou objetos);
- grupos de polígonos;

Segundo esse autor, mesmo uma classificação por regiões pode ser avaliada por pontos, visto que cada unidade amostral representa apenas uma verificação e não depende do classificador.

A avaliação da acurácia exige que um número adequado de amostras por classe de mapa seja obtido, de modo que a avaliação constitua uma representação estatisticamente válida do mapa. No entanto, a obtenção de dados de referência em cada unidade de amostragem é muito dispendiosa,

pois exige que o tamanho da amostra seja mantido a um mínimo necessário (CONGALTON; GREEN, 2009).

O tamanho adequado do conjunto amostral deve ser calculado para cada projeto utilizando uma "regra de ouro" que sugere um planejamento para coleta de no mínimo 50 amostras por classe para mapas de menos de 1 milhão de acres em tamanho e menos de 12 classes (CONGALTON, 1988). Já para grandes áreas ou mapas mais complexos, estes devem receber de 75 a 100 amostras por classe (CONGALTON; GREEN, 2009).

Após a obtenção do conjunto amostral na imagem referência e de seu homólogo na imagem classificada, gera-se a matriz de erros, também conhecida como matriz de confusão. Esta é a forma mais utilizada para representar a acurácia da classificação e realizar a comparação do mapa derivado da imagem com um mapa de referência. Tal matriz pode ser utilizada como base para uma série de técnicas descritivas e analíticas, a fim de também estimar a exatidão da classificação (FIDALGO, 1995). A Figura 2.4 apresenta uma matriz de confusão.

De acordo com Rennó (2015), a avaliação da qualidade de uma classificação pode ser feita através de tabelas (matriz de confusão – acertos e confusões entre classes); índices (global ou estratificado); e mapas de incerteza (grades numéricas ou mapas temáticos).

A matriz de confusão permite o cálculo de métricas específicas, como, por exemplo, a Exatidão Global, Acurácia do Usuário e Acurácia do Produtor (CONGALTON, 1991). As acurácias das categorias individuais são calculadas através da acurácia do produtor e acurácia do usuário.

Congalton (1983) sugere a utilização de uma técnica analítica baseada na análise multivariada discreta, denominada Kappa (Equação 2.12), proposta por Cohen (1960). O índice Kappa (*K*) e suas variações tornaram-se parte da cultura do sensoriamento remoto (PONTIUS JR; MILLONES, 2011). De

acordo com Rossiter (2004), o índice Kappa também pode ser calculado para cada classe, seja por linha K_u (confiabilidade do usuário) ou coluna K_p (confiabilidade do produtor).

Congalton e Green (2009) afirmam que, com um teste de hipótese *Z*, é possível comparar estatisticamente duas classificações, sendo elas obtidas ao longo do tempo, por dois algoritmos, ou mesmo provenientes de dois tipos de imagens. É possível verificar assim qual produz a maior acurácia.

2.2. Classificação de Ambientes Urbanos

A presente seção visa apresentar o estado da arte em classificação de imagens de alta resolução espacial e espectral para identificação de alvos urbanos.

Atualmente, novos termos têm sido incluídos na literatura de sensoriamento remoto. São eles: *Big Data, Data Mining* e *Data Fusion*. O termo *Big Data* está relacionado a conjuntos de dados de grande dimensionalidade. *Data Mining* trata da mineração desses dados de grande porte. Já *Data Fusion* está relacionado à utilização de dados provenientes de diferentes fontes e que são integrados em uma mesma abordagem investigativa.

No contexto de sensoriamento remoto, fontes e instrumentos atualmente disponíveis para observação da Terra geram diferentes tipos de imagens aéreas ou orbitais com distintas resoluções (espacial, espectral e temporal). Sensores remotos de última geração têm melhorado substancialmente suas resoluções. A título de exemplo, conjuntos de dados, como os formados por imagens do Espectômetro Aerotransportado Imageador no Visível e Infravermelho (*Imaging Spectrometer Airborne Visible / Infrared* - AVIRIS), já são citados na literatura como *Big Data* (CAVALLARO, 2015). O AVIRIS é um sensor com 224 canais, apresentando aproximadamente 10 nm de resolução espectral, cobrindo o espectro eletromagnético no intervalo de 0,4 a 2,5 µm e adquirindo imagens com resolução espacial variável de 4 a 20 m.

A manipulação de um conjunto de dados de grande dimensionalidade (*Big Data*), implica a necessidade da utilização de Mineração de Dados (*Data Mining*), visando encontrar dentro de um grande número de informações redundantes ou até irrelevantes, aquilo que é útil ao trabalho.

Neste contexto, a seleção de bandas (*Feature Selection - FS*) e/ou a extração de atributos (Feature Extraction - FE) são alternativas a serem consideradas. Jia et al. (2013) afirmam que a utilização de FS e FE são tarefas fundamentais para a classificação de dados hiperespectrais e apresentam as seguintes razões:

- dentre as centenas de bandas contíguas, muitas delas estão altamente correlacionadas, resultando em medições redundantes;
- dentre as centenas de bandas, muitas delas são ruidosas, pois estão associadas a características regulares de absorção de água em torno de 1.400 a 1.900 nm, bem como são sensíveis aos ruídos do instrumento imageador ou outras externalidades transitórias.

O aumento das resoluções espacial e espectral proporcionam nível de detalhe que leva a novos desafios. Por exemplo, a adição de características espectrais normalmente melhora a acurácia da classificação. Entretanto, além de certo limite, a acurácia da classificação chega a um platô e, em seguida, diminui à medida que mais características espectrais são empregadas. Este é o chamado Efeito Hughes, que normalmente afeta classificadores paramétricos (HARDIN; HARDIN, 2013). Assim, deve-se considerar que, em qualquer aplicação, o conteúdo de informação relevante virá sempre acompanhado de conteúdo dispensável (BENEDIKTSSON et al., 2012).

Outro fator que corrobora para a redução da dimensionalidade dos dados hiperespectrais é a sobrecarga representada pela demanda computacional nos processamentos. Li et al. (2011), com o objetivo de reduzir a alta correlação entre as bandas e o custo computacional, propõem uma estratégia

de seleção de atributos a fim de procurar a melhor combinação de bandas para a classificação da cobertura do solo. Em um passado recente, Herold et al. (2003; 2004) selecionaram entre as 224 bandas do sensor AVIRIS, aquelas com melhor separabilidade espectral em relação aos alvos selecionados, baseando-se na resposta espectral dos mesmos. Entretanto, tal metodologia não é robusta. Hardin e Hardin (2013) afirmam que, embora a ideia de selecionar um subconjunto de bandas ideais pareça bastante simples, é computacionalmente impraticável para o próprio usuário realizar todas as combinações possíveis com conjuntos de dados hiperespectrais. Logo, é necessária uma abordagem algorítmica ou quantitativa.

O termo anteriormente citado *Data Fusion* é atualmente utilizado em sensoriamento remoto para indicar o uso de diferentes tipos de dados. Dalla Mura et al. (2015) afirmam que uma das tarefas mais impactadas pelo *Data Fusion* é a classificação ou mapeamento urbano, entre uma variedade de aplicações. Segundo estes autores, o uso de imagens provenientes de diferentes sensores pode levar a um melhor desempenho de classificação, fornecendo informações complementares e solucionando situações de conflito. Diversos trabalhos citados a seguir apresentarão tal motivação.

Outra tendência atual é a constante evolução dos sensores remotos. Segundo Bioucas-Dias et al. (2013), a tecnologia hiperespectral tem avançado significativamente nas últimas duas décadas, cobrindo grandes áreas da superfície da Terra com resoluções espectrais, espaciais e temporais sem precedentes, o que tem permitido uma infinidade de aplicações que requerem identificação fina dos materiais urbanos ou a estimativa de parâmetros físicos.

Dados de alta resolução são capazes de detectar mais finamente as características de uma cena urbana, o que aumenta a quantidade de informação significativa que pode ser extraída para uma determinada tarefa. Consequentemente, isso torna o processamento dos dados mais complexo (DALLA MURA et al., 2015). Esta é certamente uma característica muito

favorável, mas que induz a um esforço crescente na análise (BENEDIKTSSON et al., 2012). De acordo com Dalla Mura et al. (2015), a necessidade de algoritmos eficientes capazes de lidar com essa grande quantidade de dados será cada vez mais uma demanda.

Tais necessidades dependem de métodos de análise de dados sofisticados e complexos, cujas fontes de dificuldades são, reconhecidamente, a elevada dimensionalidade e tamanho dos dados hiperespectrais, a mistura espectral (lineares e não lineares) e os mecanismos de degradação associadas ao processo de medição, tais como o ruído e efeitos atmosféricos (BIOUCAS-DIAS et al., 2013).

A constante evolução dos sensores tem motivado pesquisadores a desenvolverem novos métodos de classificação, visando aproveitar a riqueza de conteúdo advindo de dados hiperespectrais, e ao mesmo tempo, atenuar as dificuldades impostas por sua elevada dimensionalidade (HARDIN; HARDIN, 2013).

Segundo Wang et al. (2012), é difícil para um único classificador resolver o problema de grande dimensão na imagem hiperespectral, e assim, a combinação de múltiplos classificadores pode fazer pleno uso de cada classificador existente, resultando em uma classificação de melhor desempenho.

Para Hardin e Hardin (2013), os classificadores estatísticos tradicionais podem ser utilizados em conjuntos de dados hiperespectrais urbanos, mas abordagens alternativas têm sido sugeridas, porque a utilização da assinatura hiperespectral do alvo e do seu espectro correspondente tem sido intuitivamente atraente.

Diversos classificadores têm sido aplicados com sucesso aos dados hiperespectrais, como, por exemplo, C4.5, *Random Forest* e SVM (Máquina Vetor de Suporte, ou em inglês, *Support Vector Machine*), sendo que os dois

primeiros foram utilizados neste trabalho e serão descritos no próximo capítulo. Mesmo com a aplicação de métodos robustos, ainda existe uma necessidade de desenvolvimento de técnicas de classificação mais eficientes que possam lidar com a grande dimensionalidade e complexidade de dados hiperespectrais (BIOUCAS-DIAS et al., 2013).

O mesmo autor explana sobre uma evolução significativa ocorrida nos últimos anos: a classificação semi-supervisionada. Os algoritmos semi-supervisionados geralmente assumem que um número limitado de amostras é escolhido pelo usuário, e, em seguida, o algoritmo amplia o conjunto de treinamento utilizando amostras não marcadas. Deste modo, melhorias significativas no desempenho da classificação podem ser obtidas sem a necessidade de o usuário selecionar um número muito elevado de amostras.

Outra inovação está na área de validação dos dados, na qual Pontius Jr. e Millones (2011) publicaram o artigo intitulado "Morte ao *Kappa"* (*Death to Kappa*). Eles apresentam diversas razões para abandonar o uso do tradicional índice e afirmam que o índice Kappa e todas as suas variações são inúteis, falhos e enganosos. Os autores recomendam para fins de comparação entre mapas e avaliação da qualidade da classificação, substituir o Kappa por uma abordagem mais simples e útil que resume a matriz de confusão em dois componentes de discordância em termos de quantidade e distribuição espacial das classes. Entretanto, foi notado que mesmo após a publicação deste artigo, os principais autores da área continuam a utilizar o índice Kappa, visto que ele sumaria a matriz de confusão e permite análises estatísticas comparativas, a exemplo dos testes de hipótese (Rennó, 2015).

Com o intuito de apresentar o estado da arte na área de classificação do ambiente urbano é apresentada a Tabela 2.1, na qual são detalhados os sensores utilizados, o número de faixas espectrais, a resolução espacial (somente do sensor de melhor detalhamento), o número de classes (que indica o Nível de Legenda) e as técnicas utilizadas por cada trabalho citado.

Tabela 2.1 - Estado da arte em classificação do ambiente urbano.

REFERÊNCIAS	SENSORES (Nº de Bandas)	RES. ESPACIAL	Nº DE CLASSES	MÉTODO
Pinho et al. (2012)	- Ikonos (4) - QuickBird (4) - WV-2 (8)	0,5 m	11	Classificação do ambiente intraurbano com C4.5.
Moreira; Galvão (2010)	- HSS (37)	2,7 m	8	Caracterização Espectral com SAM.
Oltra-Carrió et al. (2015)	- HYPXIM (245)	1,6 m	7	Simulação Pleiades e Sentinel-2 para comparação do desempenho das classificações SVM.
Eslami; Mohammadza-deh (2016)	HSR-HTIR (84)	1 m	7	Detecção de objetos no ambiente urbano usando SVM.
Gao; Liu (2014)	WV-2 (8)	0,5 m	8	Classificação de superfícies impermeáveis com SVM e OBIA.
Ghamisi et al. (2014)	ROSIS-03 (115)	1,3 m	9	Classificação automática considerando a informação espacial e espectral com *Random Forest*.
Ghamisi et al. (2015)	SPECIM AISA (252)	3,3 m	6	Classificação em diferentes escalas espaciais utilizando LIDAR e hiperespectral com *Random Forest*.
Shafri; Hamedianfar (2015)	AISA (128)	0,68 m	12	Caracterização do ambiente intraurbano usando OBIA e SVM.
Huang; Zhang (2013)	- WV-2 (8) - HYDICE (191)	0,5 m	7	Classificação de dados de alta resolução espacial usando C-voting, P-fusion, OBSA, GLCM, DMP e UCI.
Khodadadzadeh et al. (2014)	AVIRIS (224)	20 m	16	Propõe um método para a classificação espectral-espacial das imagens hiperespectrais.

(continua)

Tabela 2.1 - Continuação

Kumar; Dikshit (2015)	ROSIS-03 (115)	1,3 m	9	Integração de características espectrais e texturais para classificação do ambiente urbano usando SVM.
Liao et al. (2012)	ROSIS-03 (115)	1,3 m	9	Classificação do ambiente urbano por meio de perfis morfológicos e desenvolvimento de método para extração de feições e redução da dimensionalidade dos perfis morfológicos.
Longbotham et al. (2012)	- CHRIS / PROBA (19) - WV-2 (8)	0,5 m	15	Classificação do ambiente urbano explorando a capacidade multiangular dos sensores.
Okujeni et al. (2014)	Hymap (128)	3,6 m	4	Quantificação da cobertura do solo urbano usando SVR, KRR, ANN, RFR e PLSR.
Rusmini et al. (2012)	- GeoEye-1 (4) - COSMO SkyMed (X)	2 m	10	Integração de dados óticos e SAR para a classificação de ambientes suburbanos usando OBIA e MAXVER.
Yang et al. (2012)	HYDICE (191)	3 m	6	Comparação entre classificações hiperespectrais SVM com todas as bandas e classificações com redução da dimensionalidade.
Taherzadeh; Shafri (2011)	AISA (128)	1m	14	Mapeamento de alvos urbanos usando dados hiperespectrais e SVM.
Longbotham, et al. (2014)	AVIRIS (224)	20m	12	Simulação WV-3 com AVIRIS para classificar ambiente urbano usando *Random Forest*.

(continua)

Tabela 2.1 - Conclusão.

Khodadadzadeh et al. (2015)	Não informado (144)	2,5m	15	Fusão de dados hiperespectrais com LIDAR para classificação urbana usando SVM e *Markov Random Field*.
Tong et al. (2014)	Hymap (126) ROSIS (115)	1,3m	5	Discute a melhoria da qualidade das classificações com a inserção de atributos. Classifica usando SVM.
Franke et al. (2009)	Hymap (126)	4m	20	Mapeamento de alvos urbanos usando o Modelo de Mistura Espectral (MESMA).

Analisando a Tabela 2.1, percebe-se que nenhum trabalho citado utiliza mais de 16 classes. Portanto, o Nível de Legenda destas pesquisas, principalmente daquelas que trabalham com dados hiperespectrais, pode ser aprofundado. Shafri e Hamedianfar (2015) encorajam seus leitores a aprofundarem a caracterização detalhada da cobertura do solo urbano. Entretanto, eles trabalham com um sensor hiperespectral de resolução espacial submétrica e apresentam uma classificação do ambiente urbano com apenas 12 classes, diferenciando quatro tipos de cobertura, dois tipos de pavimentação, três tipos de vegetação arbórea, além de vegetação rasteira, água e piscina.

Em relação ao presente trabalho, o conjunto de dados utilizado pode ser considerado como *Big Data*, por trabalhar com um sensor hiperespectral de 357 bandas. O processamento realizado no conjunto de dados compreende a Mineração de Dados (*Data Mining*) e o uso de imagens de diferentes sensores, o que por sua vez inclui esta pesquisa no rol de *Data Fusion*. Assim, o presente trabalho se encontra no contexto das novas abordagens em processamento de imagens de sensoriamento remoto.

Após analisar o estado da arte, percebe-se que nenhum trabalho da literatura até o momento compreende um profundo nível de refinamento de legenda quanto o da presente pesquisa, que busca identificar 38 classes de cobertura do solo urbano, visando alcançar uma separabilidade detalhada entre elas.

Tendo conhecimento da constante evolução dos sensores remotos, acredita-se que análises de cobertura do solo urbano possam também evoluir para um nível mais detalhado de legenda como o apresentado nesta pesquisa.

3 METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A área de estudo, apresentada na Figura 3.1, corresponde a um transecto situado no Campus da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, localizada na cidade de Campinas, interior do estado de São Paulo.

Esta área foi escolhida devido à diversidade de materiais presentes na sua superfície. Outra questão favorável à escolha desta área foi a facilidade de acesso para as visitas de campo.

Figura 3.1 - Localização da área de estudo.

3.2. Imagens Orbital e Aerotransportada Utilizadas

As imagens WorldView-2 utilizadas no presente trabalho foram adquiridas em 21 de junho de 2010 e 02 de julho de 2010. As duas cenas WV-2 foram utilizadas somente para gerar o Modelo Digital de Superfície (MDS) a ser usado no procedimento de ortorretificação. A partir de então, somente a cena de 02 de julho de 2010 foi utilizada, em virtude de a mesma apresentar a menor angulação *off*-nadir, correspondente a 6,75°, além de 38,37° de elevação solar e 0% de cobertura de nuvem.

Um exemplo que representa o estado da arte do sensoriamento remoto hiperespectral aerotransportado de alta resolução espacial é dado pelo ProSpecTIR VNIR-SWIR (SpecTIR), cuja cena utilizada no presente trabalho foi obtida em 17 de junho de 2010. A possibilidade de se combinar dados multiespectrais do WV-2 com dados hiperespectrais do SpecTIR, ambos com alta resolução espacial, fornece uma oportunidade única para se estudar os níveis detalhados de legenda que podem ser alcançados em um espaço urbano com diferentes métodos de classificação.

3.3. Procedimentos Metodológicos

A sequência metodológica deste trabalho é apresentada na Figura 3.2. As principais etapas numeradas no fluxograma são descritas abaixo.

Figura 3.2 - Procedimentos metodológicos realizados no presente trabalho.

3.3.1. Pré-Processamento das Imagens WV-2 e SPECTIR

O primeiro passo do pré-processamento foi a conversão dos dois conjuntos de imagens para uma mesma grandeza física, o que permite a realização de análises e comparações entre os mesmos.

Os dados SpecTIR foram obtidos na grandeza física de radiância, ao passo que os dados WV-2 foram obtidos em valores de nível de cinza. Desta forma,

inicialmente converteram-se as imagens WV-2 para radiância, utilizando a ferramenta "Calibração Radiométrica" (*Radiometric Calibration*) do ENVI 5.0.

Em seguida, as imagens dos dois conjuntos de dados foram transformadas para reflectância de superfície por meio do aplicativo "Análise Rápida de Linha de Visão Atmosférica de Hipercubos Espectrais" (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* - FLAASH). O FLAASH realiza a correção atmosférica das cenas e apresenta os dados resultantes na grandeza física de reflectância de superfície. Tal procedimento é necessário, tendo em vista que a atmosfera presente entre a superfície da Terra e o sensor é composta por diferentes gases e partículas em suspensão, que afetam a qualidade da imagem.

A transformação para reflectância de superfície por meio do FLAASH exige o conhecimento de alguns parâmetros da cena e do sensor, tais como: funções de resposta dos filtros, coordenadas centrais da imagem, elevação do terreno, altitude do sensor, tamanho do pixel, data e hora da tomada da cena, além do modelo atmosférico e do modelo de aerosol. A Figura 3.3 mostra o preenchimento desses parâmetros para o sensor SpecTIR.

Figura 3.3 - Parâmetros da correção atmosférica da imagem SpecTIR.

Após a correção atmosférica, as bandas multiespectrais WV-2 com 2 m de resolução espacional foram fusionadas com a banda pancromática WV-2 com 0,5 m de resolução espacial. O método Gram-Schmidt foi aplicado utilizando o *software* ENVI 4.8. O processamento foi iniciado simulando a existência de uma banda pancromática por meio das bandas multiespectrais. Na sequência, uma transformação de Gram-Schmidt é aplicada, e a banda pancromática simulada é empregada como a primeira banda do conjunto resultante. Em seguida, essa primeira banda Gram-Schmidt é substituída pela banda pancromática de alta resolução, e uma transformação inversa é aplicada para formar a imagem sintética de saída (LABEN; BROWER, 2000). Tal método foi escolhido por não impor limite ao número de bandas de entrada e também por apresentar alto grau de similaridade espectral entre as bandas multiespectrais originais e as transformadas.

O trabalho de campo para obtenção das coordenadas utilizadas na ortorretificação da imagem foi realizado entre os dias 21 e 22 de agosto de 2014. Para a coleta das coordenadas, foi utilizado o receptor geodésico de marca Topcon modelo HIPER GGD e o método de Sistema de Posicionamento Global Diferencial (*Differential Global Positioning System* - DGPS), que utiliza estações terrestres fixas que transmitem as diferenças entre as posições indicadas por satélites e as posições fixas conhecidas. A estação fixa utilizada neste trabalho foi a SPC1/ Campinas-UNICAMP, que faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC). A Figura 3.4 apresenta a localização dos pontos coletados em campo sobre a área de estudo. A Figura 3.5 apresenta uma das observações realizadas durante a coleta de campo.

As coordenadas obtidas em campo pelo receptor GNSS foram coordenadas planas UTM juntamente com a altitude elipsoidal ou geométrica (h), referenciada ao elipsoide. Entretanto, para realizar a ortorretificação foi necessário converter a altitude geométrica (h) para altitude ortométrica (H), referenciada ao geoide. Para realizar tal transformação é necessário conhecer para cada ponto a ondulação geoidal (N), dada pela distância ou variação entre o geoide e o elipsoide, que foi obtida pelo aplicativo MAPGEO 2010 do IBGE. Tendo a altitude geométrica (h) e a ondulação geoidal (N), obteve-se a altitude ortométrica a partir da Equação 3.1.

$$H = h - N \tag{3.1}$$

Para a ortorretificação das duas cenas, foi utilizada a ferramenta de "Dispositivo de Ortorretificação" (OrthoEngine) do PCI Geomatics. Para tal finalidade, foram utilizadas as duas cenas WV-2 (21/06/2010 e 02/07/2010), por meio das quais foi gerado o Modelo Digital de Superfície (MDS). De acordo com Martin (2015), Araki et al. (2005), entre outros autores, o MDS pode ser utilizado para a ortorretificação de imagens. O MDS foi extraído no mesmo *software* a partir de um par estereoscópico com base no método *Optical*

Satellite Modeling por *Rational Functions*, ou seja, o MDS é obtido por meio de duas imagens que possuem sobreposição de áreas, onde são coletados os pontos homólogos.

Figura 3.4 - Pontos obtidos em campo.

Figura 3.5 - Observação de campo utilizando o GPS Geodésico Topcon HIPER GGD.

O MDS retrata a topografia do local recoberto pela imagem que será ortorretificada. Especificamente, o modelo retrata a altimetria da superfície, estando ela no nível de solo ou no topo da vegetação, edificações, torres, pontes, viadutos ou quaisquer outros elementos que se elevem acima do solo.

Ao utilizar a ferramenta OrthoEngine para a ortorretificação, é necessário escolher o modelo matemático, que é diferenciado para dados óticos orbitais (*Optical Satellite Modeling*) e dados aerotransportados (*Aerial Photography*), inserir o MDS, as coordenadas de campo, além da projeção e datum das imagens, tamanho do pixel e os valores mínimo e máximo da elevação do terreno. Assim, as imagens SpecTIR e WV-2 foram ortorretificadas.

Todas as imagens, coordenadas obtidas em campo e/ou qualquer outro dado geográfico utilizado no presente trabalho foram referenciados à Projeção UTM (Universal Trasnversa de Mercator) no Fuso 23 e Zona K, e datum horizontal WGS-84 (Sistema Geodésico Global 1984 ou *World Geodetic System* 1984).

As imagens ortorretificadas foram também registradas entre si (corregistradas) utilizando a ferramenta de "Sincronização Automática" (*AutoSync*) do ERDAS IMAGINE 9.0. O objetivo foi gerar melhor correspondência espacial entre elas, devido às variações na geometria de aquisição das cenas WV-2 (orbital) e SpecTIR (aerotransportada).

Após a ortorretificação, foi feita seleção preliminar das bandas do SpecTIR com base na inspeção visual do nível de ruído das imagens. Os sensores hiperespectrais possuem bandas contíguas. Portanto, não operam exclusivamente em janelas atmosféricas como os sensores multiespectrais. Foram removidas da análise 86 bandas do SpecTIR com elevado nível de ruído, incluindo as bandas posicionadas em comprimentos de onda em que ocorre forte absorção atmosférica por vapor d'água (1.400 nm e 1.900 nm) (Tabela 3.1). Estas bandas não são úteis mesmo após a correção atmosférica. Dessa forma, todo o processamento subsequente de dados SpecTIR baseou-se em 271 bandas. A Figura 3.6 apresenta dois exemplos de imagens ruidosas que foram eliminadas da análise subsequente de dados. A primeira é a banda 116 (943,68 nm) que apresenta listras (*stripes*), enquanto a segunda é a banda 270 (1.905,58 nm), que é extremamente ruidosa por estar localizada no intervalo espectral correspondente a uma forte banda de absorção por vapor d'água da atmosfera.

As oito bandas WV-2, após a fusão dos dados, passaram a ter 0,5 m de tamanho de pixel. Desta forma, foi necessário reamostrar as bandas SpecTIR, pelo método do vizinho mais próximo, para a mesma resolução espacial das imagens fusionadas WV-2. Tal procedimento foi realizado com a ferramenta "Reamostrar Dados Espacialmente" (*Resize Data - Spatial*) do ENVI 4.8, utilizando o método de reamostragem pelo vizinho mais próximo. Assim, a partir de então, todos os dados utilizados no presente trabalho passaram a ter resolução espacial modificada de 0,5 m.

Tabela 3.1 - Lista de bandas ruidosas do SpecTIR descartadas da análise de dados.

Banda	λ (nm)	Banda	λ (nm)	Banda	λ (nm)
113	929,02	190	1.403,61	275	1.937,12
116	943,68	191	1.409,79	276	1.943,43
118	953,46	192	1.415,98	277	1.949,74
119	956,52	193	1.422,17	278	1.956,05
120	962,97	194	1.428,35	285	1.999,85
121	969,33	195	1.434,54	286	2.006,11
122	975,68	196	1.440,72	287	2.012,38
138	1.077,35	197	1.446,91	288	2.018,65
139	1.083,71	253	1.798,65	324	2.244,33
140	1.090,06	254	1.804,88	326	2.257,07
141	1.096,42	256	1.817,36	327	2.263,36
142	1.102,77	257	1.823,60	333	2.301,14
143	1.109,12	258	1.829,84	334	2.307,44
144	1.115,46	259	1.836,08	335	2.313,75
145	1.121,81	260	1.842,32	336	2.320,07
146	1.128,15	261	1.848,56	337	2.326,38
147	1.134,50	262	1.854,80	338	2.332,69
148	1.140,84	263	1.861,15	344	2.370,44
149	1.147,18	264	1.867,49	345	2.376,69
150	1.153,53	265	1.873,84	346	2.382,94
181	1.347.,55	266	1.880,19	347	2.389,19
182	1.353,74	267	1.886,54	349	2.401,69
183	1.359,98	268	1.892,89	351	2.414,19
184	1.366,21	269	1.899,23	352	2.420,45
185	1.372,45	270	1.905,58	353	2.426,71
186	1.378,67	271	1.911,89	354	2.432,97
187	1.384,90	272	1.918,20	355	2.439,23
188	1.391,14	273	1.924,51	356	2.445,49
189	1.397,37	274	1.930,81		

Figura 3.6 – Exemplos de bandas ruidosas do SpecTIR removidas da análise dos dados: (a) Banda 116 (943,68 nm) e (b) Banda 270 (1.905,58 nm).

(a) (b)

3.3.2. Extração de Atributos dos Dados WV-2 e SPECTIR

A extração de atributos (*Feature Extraction*) foi realizada com o objetivo de extrair importantes informações do conjunto de dados. Tais atributos foram incluídos no processo de classificação, visto que os dois classificadores escolhidos (C4.5 e *RF*) trabalham como mineradores de dados, identificando,

em meio a um amplo conjunto de entrada, quais atributos são necessários para determinar a separação entre as classes.

A transformação MNF foi gerada, por meio de sua ferramenta no *software* ENVI 4.8, tanto para os dados WV-2 quanto para os dados SpecTIR, e tal transformação foi utilizada como atributo. Entretanto, como as componentes MNF são ordenadas conforme a qualidade da imagem expressa pelo nível de ruído presente na cena, apenas as primeiras 50 componentes MNF para os dados SpecTIR foram utilizadas. Da mesma forma, apenas as duas primeiras componentes MNF para os dados WV-2 foram utilizadas, visto que as componentes escolhidas para ambos os dados apresentaram o mesmo limiar de autovalores superiores a 5.

Os atributos Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital de Terreno (MDT) estão relacionados ao comportamento do terreno e não aos conjuntos de dados, por isso foram gerados uma única vez. O MDS, como anteriormente explanado, foi criado antes da ortorretificação na ferramenta *OrthoEngine.* O MDT, que representa por meio de uma grade regular de cotas altimétricas a superfície do terreno propriamente dita, foi gerado no *software* QGIS 2.8.3 por meio de uma interpolação entre as coordenadas dos pontos de controle obtidos em campo. O atributo Modelo Digital de Altura (MDA), também chamado por alguns autores de Modelo Digital de Superfície Normalizado (MDSn), é resultante da subtração entre MDS e MDT.

Outros atributos foram criados para os dois conjuntos de dados por meio da ferramenta “Matemática de Bandas” (*Band Math)* do ENVI 4.8. Alguns atributos customizados, como as razões de banda, reduzem muitas formas de ruído presentes em múltiplas bandas de imagens (JENSEN, 2009). Entre os atributos utilizados, grande parte deles será chamada de AC (Atributo Customizado), já os índices de vegetação NDVI e o SAVI, bastante utilizados na literatura, mantiveram seus nomes originais.

O NDVI é utilizado como ferramenta para o monitoramento da vegetação, sendo empregado na construção de perfis sazonal e temporal das atividades da vegetação, permitindo comparações interanuais desses perfis (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). O índice SAVI foi sugerido após a percepção de algumas limitações do NDVI, que apresentava algumas interferências causadas pelo tipo de solo e pelas condições de umidade. As equações e as referências bibliográficas referentes aos atributos utilizados neste trabalho são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Atributos utilizados nas classificações por C4.5 e RF.

ATRIBUTO	EQUAÇÕES	REFERÊNCIA
MDA	$MDA = MDS - MDT$	Leonardi (2010).
BRIGHTNESS	$Brightness = \frac{\sum_{i=1}^{n} banda_i}{n}$	Definiens (2007).
NDVI	$NDVI\ 1 = \frac{Banda_{832nm} - Banda_{\ 660nm}}{Banda_{832nm} + Banda_{\ 660nm}}$	Rouse et al. (1974).
SAVI	$SAVI = \frac{(1+L)(Banda_{832nm} - Banda_{660nm})}{Banda_{832nm} + Banda_{660nm} + L}$	Huete (1988).
AC 1	$AC1 = \frac{Brightness + Banda_{480nm}}{Banda_{660nm}}$	Leonardi (2010).
AC 2	$AC2 = \frac{Brightness + Banda_{480nm}}{Banda_{725nm}}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 3	$AC3 = Brightness + Banda_{480nm} - Banda_{660nm}$	Leonardi (2010).
AC 4	$AC4 = Brightness + Banda_{480nm} - Banda_{725nm}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 5	$AC5 = Brightness - Banda_{832nm}$	Leonardi (2010).
AC 6	$AC6 = Brightness - Banda_{950nm}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 7	$AC7 = \frac{Banda_{660nm}}{Banda_{832nm}}$	Richardson e Wiegand (1977).
AC 8	$AC8 = \frac{Banda_{725nm}}{Banda_{832nm}}$	Adaptado de Richardson e Wiegand (1977).

(continua)

Tabela 3.2 - Conclusão.

AC 9	$AC\ 9 = \frac{Banda_{660nm}}{Banda_{950nm}}$	Adaptado de Richardson e Wiegand (1977).
AC 10	$AC10 = \frac{Banda_{725nm}}{Banda_{950nm}}$	Adaptado de Richardson e Wiegand (1977).
AC 11	$AC11 = \frac{Banda_{545nm}}{Banda_{832nm}}$	Bausch e Duke (1996).
AC 12	$AC12 = \frac{Banda_{545nm}}{Banda_{950nm}}$	Adaptado de Bausch e Duke (1996).
AC 13	$\mathrm{AC}\ 13 = \frac{\mathrm{Banda}_{832\mathrm{nm}} - \mathrm{Banda}_{545\mathrm{nm}}}{\mathrm{Banda}_{832\mathrm{nm}} + \mathrm{Banda}_{545\mathrm{nm}}}$	Gitelson et al. (1996).
AC 14	$\mathrm{AC}\ 14 = \frac{\mathrm{Banda}_{950\mathrm{nm}} - \mathrm{Banda}_{545\mathrm{nm}}}{\mathrm{Banda}_{950\mathrm{nm}} + \mathrm{Banda}_{545\mathrm{nm}}}$	Adaptado de Gitelson et al. (1996).
AC 15	$AC15 = \frac{Brightness + Banda_{425nm}}{Banda_{660nm}}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 16	$AC16 = \frac{Brightness + Banda_{425nm}}{Banda_{725nm}}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 17	$AC17 = Brightness + Banda_{480nm} - Banda_{660nm}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 18	$AC18 = Brightness + Banda_{480nm} - Banda_{725nm}$	Adaptado de Leonardi (2010).
AC 19	$\mathrm{AC}\ 19 = \frac{\mathrm{Banda}_{545\mathrm{nm}} - \mathrm{Banda}_{832\mathrm{nm}}}{\mathrm{Banda}_{545\mathrm{nm}} + \mathrm{Banda}_{832\mathrm{nm}}}$	Jain et al. (2006) e Sarkar et al. (2012).
AC 20	$AC\ 20 = \frac{Banda_{832nm} - Banda\ _{725nm}}{Banda\ _{832nm} + Banda\ _{725nm}}$	Adaptado de Rouse et al. (1974).
AC 21	$AC\ 21 = \frac{Banda_{950nm} - Banda\ _{660nm}}{Banda_{950nm} + Banda\ _{660nm}}$	Adaptado de Rouse et al. (1974).
AC 22	$AC\ 22 = \frac{Banda_{950nm} - Banda\ _{725nm}}{Banda_{950nm} + Banda\ _{725nm}}$	Adaptado de Rouse et al. (1974).

As formas originais das equações apresentadas na Tabela 3.2 apresentam o uso das seguintes bandas WV-2: B2 azul (centrada em 480 nm), B3 verde (centrada em 545 nm), B4 amarelo (centrada em 605 nm), B5 vermelho (centrada em 660 nm) e B7 infravermelho próximo (centrada em 832 nm). Entretanto, os dados WV-2 possuem adicionalmente outra banda na região

espectral do azul: B1 azul costeiro (centrada em 425 nm), outra banda na região do vermelho: B6 borda vermelha (centrada em 725 nm), e outra banda na região do infravermelho próximo: B8 infravermelho próximo 2 (centrada em 950 nm). Assim, foram gerados 22 atributos chamados de atributos customizados (AC), juntamente com o NDVI, o SAVI, o *Brightness* e o MDA. Foram somados a estes as oito bandas espectrais WV-2 e as duas primeiras componentes MNF, totalizando assim 36 atributos utilizados para gerar as classificações dos dados Worldview-2.

Já para os dados SpecTIR, que são hiperespectrais, seria possível gerar um número imenso de atributos customizados por combinação linear entre suas bandas, mas se decidiu trabalhar com os mesmos atributos dos dados WV-2. Estes foram gerados para os dados SpecTIR usando as bandas correspondentes às do WV-2, ou seja, aquelas cujos centros das bandas coincidem ou mais se aproximam do centro das bandas WV-2. Da mesma forma, foram gerados 22 atributos chamados de atributos customizados (AC), juntamente com o NDVI, o SAVI, o *Brightness* e o MDA. Entretanto, foram somadas 271 bandas espectrais do SpecTIR e 50 componentes MNF, totalizando assim 347 atributos utilizados para gerar as classificações dos dados SpecTIR.

3.3.3. Segmentação e Classificação dos Dados WV-2 E SPECTIR

3.3.3.1. Segmentação de Imagens

A segmentação multirresolução visa particionar a imagem em segmentos homogêneos segundo determinados critérios, também chamados de objetos, os quais apresentam diferentes dimensões, dispostas em níveis distintos de segmentação, todos eles intercomunicantes entre si. A segmentação multirresolução permite que objetos pequenos possam ser adequadamente analisados em uma resolução mais fina, ao passo que objetos maiores podem ser apropriadamente manipulados em uma resolução mais grosseira (LEONARDI et al., 2013).

Este trabalho utilizou os recursos avançados de parametrização disponibilizados pela segmentação multirresolução, embora não tenha produzido segmentações multiníveis, uma vez que os métodos não-paramétricos de classificação empregados operam em um único nível de segmentação. Após a segmentação, foi executado o ajuste por diferença espectral (*Spectral Difference*). Este algoritmo é projetado para refinar os resultados da segmentação, por meio da similaridade espectral entre os segmentos vizinhos (DEFINIENS, 2007).

A ideia inicial era utilizar os mesmos parâmetros para as imagens WV-2 e SpecTIR. Entretanto, ao se usar os mesmos parâmetros, os tamanhos dos segmentos nas duas imagens ficaram extremamente diferentes. Assim sendo, foi necessário trabalhar com parâmetros distintos, a fim de se obter segmentos de tamanhos parecidos. Os parâmetros utilizados na segmentação de cada uma das imagens estão apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Parâmetros das segmentações.

Parâmetros	WV-2	SPECTIR
Escala	30	50
Forma	0,8	0,8
Compacidade	0,9	0,9
Peso	1 (para todas as bandas)	1 (para bandas similares ao WV-2) 0 (para as demais)
Diferença Espectral	500	500

Segmentos amostrais foram coletados também no eCognition 8.7 para todas as classes nos dois diferentes níveis de classificação abordados neste estudo, níveis estes apresentados na Tabela 3.4.

O nivelamento hierárquico da legenda apresentado na Tabela 3.4 de classificação foi adaptado de Herold et al. (2004), que definiram quatro níveis hierárquicos de legenda, em que o nível mais detalhado caracterizou 35 tipos de superfície. No entanto, os autores apenas avaliaram a separabilidade dos materiais por meio de uma biblioteca espectral, sem realizar uma classificação de imagens. No presente trabalho, apenas dois níveis hierárquicos foram definidos, com classes devidamente adequadas à cobertura do solo no Brasil, visando realizar a classificação de imagens.

No Nível de Legenda 1, de menor detalhamento, há 11 classes de cobertura. Por outro lado, as classes do Nível de Legenda 2 apresentam um alto grau de detalhamento da cena, totalizando 38 classes de cobertura do solo urbano. Os Níveis de Legendas 1 e 2 foram avaliados quanto ao potencial de classificação pelos métodos C4.5 e RF, em relação aos conjuntos de dados e atributos de cada sensor separadamente (WV-2 ou SpecTIR).

As amostras foram coletadas no aplicativo eCognition 8.7, para cada uma das classes em ambos os níveis de detalhamento e para os dois conjuntos de dados. A Figura 3.7 apresenta a interface do eCognition 8.7, em que à esquerda está a imagem SpecTIR segmentada, e à direita, a mesma imagem segmentada, entretanto, já com as amostras coletadas.

Tabela 3.4 - Níveis hierárquicos de classificação do solo urbano nos Níveis de Legenda 1 e 2 com suas respectivas respostas espectrais e detalhes das classes.

Nível 1	Nível 2	Resposta Espectral do Alvo	Detalhe da Classe
Solo Exposto	Solo Exposto		
Lago	Lago		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Vegetação Herbácea	Vegetação Herbácea		
Vegetação Arbórea	Vegetação Arbórea		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Piscina	Piscina de Azulejo		
	Piscina de Vinil		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Pavimentação Não-Viária	Pedra Mineira		
	Carvão Coque		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Pavimentação Viária	Asfalto		
	Asfalto Pintado de Vermelho		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Pavimentação Viária	Asfalto Pintado de Branco		
	Bloquete		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Materiais Mistos (Pavimentação e Cobertura)	Argamassa de Cimento		
	Argamassa de Cimento Pintada de Vermelho		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Materiais Mistos (Pavimentação e Cobertura)	Argamassa de Cimento Pintada de Verde		
	Concreto Pintado de Amarelo		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Materiais Mistos (Pavimentação e Cobertura)	Concreto Pintado de Vermelho		
	Concreto		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Materiais Mistos (Pavimentação e Cobertura)	Concreto Impermeabilizado		
e Coberturas Diversas	Vidro Aramado		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Diversas	Fibra de Vidro		
	Pastilha Esmaltada		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Diversas	Fibrocimento CRFS		
	Fibrocimento com Amianto		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Diversas	Policarbonato		
	Acrílico		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Diversas	Plástico		
	Lona		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Diversas	Manta Asfáltica Aluminizada		
Coberturas Metálicas	Aço Galvanizado Brilhante		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Metálicas	Aço Galvanizado com Ferrugem		
	Aço Galvanizado Fosco		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Metálicas	Galvalume A		
	Galvalume B		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Diversas	Galvalume C		
Sombra	Sombra		

(continua)

Tabela 3.4 - Continuação

Coberturas Cerâmicas	Cerâmica Iluminada		
	Cerâmica Escura		

As respostas espectrais apresentadas na Tabela 3.4 foram coletadas na imagem SpecTIR, e particularidades são notadas em cada uma delas. A feição solo exposto apresenta altos valores de reflectância que indicam baixo teor de matéria orgânica, além de uma banda de absorção em 950 nm indicando a presença de óxidos de ferro. Entre os alvos relacionados a água, o Lago apresenta a resposta espectral característica dos alvos aquáticos, com baixa reflectância na região do visível e reflectância praticamente nula nas demais regiões espectrais; a Piscina de Azulejo apresenta resposta espectral semelhante, mas com reflectância superior ao Lago na região do visível; já a Piscina de Vinil apresenta características diferenciadas por se tratar de uma piscina infantil com uma rasa camada de água, e a resposta estar relacionada ao material do qual a piscina é feita. Os alvos Vegetação Arbórea e Vegetação Herbácea apresentam as características espectrais esperadas para alvos de vegetação com baixa resposta na região do visível, com pequeno pico em torno de 570 nm, alta reflectância na região do infravermelho próximo, além de duas bandas de absorção relacionadas à presença de água em torno de 1.400 e 1.900 nm. Alvos escuros, como o Asfalto, Concreto, Vidro Aramado, Carvão Coque, Amianto e Policarbonato, apresentam baixos valores de reflectância em todas as regiões do espectro com um pequeno pico em torno de 950 nm e pequenas variações individuais, que permitem a caracterização dos alvos. Os alvos denominados Bloquete e Argamassa de Cimento possuem valores de reflectância superiores aos já citados Asfalto e Concreto. Outras variações dos alvos Asfalto, Concreto e Argamassa de Cimento são referentes à cor, pois a resposta espectral de cada um destes alvos está relacionada também com a resposta da tinta utilizada em cada um deles. As cerâmicas iluminadas apresentam valores superiores de reflectância àqueles obervados para as cerâmicas escuras, devido à incidência de iluminação. As coberturas metálicas, em geral, são os alvos que apresentam maiores valores de reflectância, com exceção do Aço Galvanizado Fosco e do Aço Galvanizado com Ferrugem, que possuem valores mais baixos. Outros alvos de alta reflectância presentes na cena são Lona e Concreto Impermeabilizado. Os alvos Acrílico, Manta Asfáltica

Aluminizada e Plástico apresentam altos valores de reflectância na região do visível e infravermelho próximo, diminuindo gradualmente em direção à região do SWIR. As feições Pedra Mineira e Pastilha Esmaltada apresentam valores relativamente altos de reflectância, com bandas de absorção semelhantes em 950 nm. Os alvos CRFS e Fibra de Vidro apresentam respostas espectrais medianas em todas as regiões do espectro, com bandas de absorção semelhantes em 950 nm. O alvo Sombra, obviamente, apresenta valores praticamente nulos de reflectância em todas as regiões espectrais.

Dada a legenda de classes para os Níveis 1 e 2, deve-se esclarecer que a sigla CRFS (Cimento Reforçado com Fios Sintéticos) trata de um tipo de telha de fibrocimento visivelmente semelhante às telhas de amianto, mas que não possui amianto em sua composição. Já os termos Galvalume A, Galvalume B e Galvalume C representam coberturas metálicas que são compostas ou recobertas por camadas de Alumínio, Zinco e Silício. Nesta cena, o termo Galvalume A representa coberturas de galvalume ondulado com pintura eletroestática branca, o termo Galvalume B representa coberturas de galvalume trapezoidal sem pintura, enquanto Galvalume C representa coberturas de galvalume ondulado sem pintura.

Figura 3.7 - Interface do eCognition 8.7, mostrando a segmentação de imagens (à esquerda) e a coleta de amostras (à direita).

Ainda na interface do *software* eCognition 8.7, as amostras foram exportadas no formato CSV (*Comma Separated Values*), como mostra a Figura 3.8. Após a coleta e exportação das amostras no formato .CSV, foram aplicados os méto dos de classificação C4.5 e RF no *software* WEKA.

Tais amostras no formato CSV foram posteriormente importadas pelo *software* livre WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis* ou Ambiente Waikato para Análise do Conhecimento), versão 3.7.12, para serem utilizadas como dados de entrada para a extração de atributos e classificação dos dados. O *software* WEKA é reconhecido na literatura como um sistema de Mineração de Dados (*Data Mining)* e Aprendizado de Máquina (*Machine Learning).* Sua interface apresenta algoritmos de regressão, classificação, agrupamento (*clustering*), regras de mineração, associação e seleção de atributos (HALL et al., 2009).

Figura 3.8 - Interface do eCognition 8.7 para exportação das amostras.

3.3.3.2. Classificação utilizando árvores de decisão

De acordo com Tso e Mather (2009), a categorização de dados utilizando mecanismos de separação hierárquica tem sido amplamente utilizada. O interesse no uso de árvores de decisão tem crescido rapidamente nos últimos anos, visto que os desenvolvimentos relatados são promissores.

Segundo Han et al. (2012), os algoritmos de árvores de decisão foram originalmente planejados para classificação, nos quais uma árvore de decisão é construída em uma estrutura de fluxograma (diagrama de fluxo). Cada nó interno indica um teste de um atributo. Cada ramo corresponde a um resultado do teste, e cada nó externo, também chamado de folha, denota uma predição de classe. Assim, o resultado do classificador é encontrado utilizando uma sequência de decisões, em que um conjunto de regras é implementado, e estas determinam o caminho a ser seguido, começando do nó-raiz e finalizando no nó-terminal (folha), que representa a classe para a qual o objeto foi classificado (TSO; MATHER, 2009).

O problema da construção de uma árvore de decisão é encontrar os melhores atributos para discriminar as classes e dividir de forma recursiva os dados em

subconjuntos (WANG; LI, 2008). Os instrumentos utilizados para solucionar este problema são a entropia, o valor-informação (*info*) e o ganho.

Entropia (H) é uma medida de desordem ou impureza, que neste caso está relacionada aos valores de saída de um conjunto de amostras de treinamento (KOWALCZYK, 2009), ou ainda, relacionada à probabilidade de uma determinada feição ser classificada como um determinado padrão (KORTING, 2012).

De acordo com Shannom (2001), a entropia (H) é calculada a partir da Equação 3.2.

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = \sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i \tag{3.2}$$

em que:

(1, 2, ... , *n*) são as possíveis classes;

($p_1, p_2, \dots, p_n$) são as probabilidades de ocorrência das classes.

A medida de pureza de cada nó melhora o processo de seleção do atributo que produz nós-filhos mais puros (WITTEN; FRANK, 2005). Quanto menor o valor de H, mais adequada é a decisão para discriminar as classes.

Segundo Kowalczyk (2009), *info* é uma medida da mudança na entropia, visto que a entropia normalmente muda quando, em uma árvore de decisão, usa-se um nó para particionar as instâncias de treinamento em subconjuntos menores. De acordo com Korting (2012), o *info* (Equação 3.3), é calculado para os atributos selecionados, convertendo as ocorrências das classes em um conjunto de probabilidades a partir de:

$$Info\ (v_1, v_2, \dots, v_n) = H\left(\frac{v_1}{D}, \frac{v_2}{D}, \dots, \frac{v_n}{D}\right) \quad , \tag{3.3}$$

em que:

(v_1, v_2, ... , v_n) referem-se à quantidade de amostras por classe;

e *D* é a somatória de todas as amostras (Equação 3.4).

$$D = \sum_{i=1}^{n} v_i \ . \tag{3.4}$$

O valor chamado de ganho (Equação 3.5) é utilizado para escolher o atributo que irá rotular cada nó (KOWALCZYK, 2009). Ele é calculado pelo *info* contido em todos os elementos por classe de amostra menos o *info* para o número de instâncias que se propagam a cada ramo inferior (LEONARDI, 2010).

Ganho = *info* (todas as amostras) - *info* (amostras do ramo) (3.5)

Para exemplificar a metodologia, deve-se observar a Figura 3.9 e considerar: dois atributos chamados *X* e *Y* e três classes chamadas *A*, *B* e *C*, em que para a classe *A*, têm-se quatro amostras, para a classe B, têm-se três amostras, e para a classe C, têm-se duas amostras. Assim, pode-se calcular o ganho para cada atributo e escolher o atributo mais adequado.

Figura 3.9 - Demonstração do uso de dois diferentes nós para compor uma árvore de decisão.

Fonte: Adaptado de Korting (2012).

Para exemplificar, serão calculados os ganhos para os atributos *X* e *Y*:

Ganho (*X*) = *info* (4; 3; 2) - *info* ([3; 0; 2]; [1; 3; 0])

Ganho (*Y*) = *info* (4; 3; 2) - *info* ([4; 3; 0]; [0; 0; 2])

$$Info(4;3;2) = -\frac{4}{9}\log(4/9) - \frac{3}{9}\log(3/9) - \frac{2}{9}\log(2/9) = 1{,}5305\ .$$

Mas, segundo Korting (2012), o *info* para mais de um intervalo de valores é calculado por meio da Equação 3.6.

$$Info([p_1, p_2] \dots [p_{N-1}, p_N]) = \sum_{i=1}^{N-1} \frac{p_i + p_{i+1}}{\sum_{j=1}^{N} p_j}\ H\ (p_i, p_{i+1}) \quad . \qquad (3.6)$$

Logo,

$$Info(3;0;2) = -\frac{3}{5}\log(3/5) - \frac{2}{5}\log(2/5) = 0{,}97095$$

$$Info(1;3;0) = -\frac{1}{4}\log(1/4) - \frac{3}{4}\log(3/4) = 0{,}81128$$

$$Info([3;0;2],[1;3;0]) = \frac{5}{9}0{,}97095 + \frac{4}{9}0{,}81128 = 0{,}89999$$

Ganho (X) = 1,5305 - 0,89999 = 0,63051

$$Info(4;3;0) = -\frac{4}{7}\log(4/7) - \frac{3}{7}\log(3/7) = 0{,}98523$$

$$Info(0;0;2) = -\frac{2}{2}\log(2/2) = 0$$

$$info([4;3;0],[0;0;2]) = \frac{7}{9}0{,}98523 + \frac{2}{9}0 = 0{,}76629$$

Ganho (Y) = 1,5305 - 0,76629 = 0,76421.

Assim, como o atributo *Y* obteve um ganho de valor superior ao do atributo *X*, o atributo *Y* deve ser escolhido para compor a árvore.

3.3.3.2.1. Árvore de Decisão C4.5

O desenvolvedor do algoritmo C4.5 (QUINLAN, 1993) esclarece que uma árvore de decisão é usada para classificar um caso a partir do seu nó-raiz e segue movendo-se por ela até que uma folha seja detectada (uma folha indica uma classe). Em cada nó de decisão não-folha, tem-se um teste para ser realizado relativo a um único atributo, com uma ramificação ou sub-árvore para cada resultado possível do teste, e em seguida, a atenção se desloca para o ramo da sub-árvore correspondente a este resultado.

O funcionamento do algoritmo de árvore de decisão C4.5 pode também ser detalhado da seguinte maneira: cada nó da árvore de decisão corresponde a um atributo, e cada ramificação corresponde a uma faixa de valor do atributo. O atributo mais representativo para separar uma classe de interesse é associado a cada nó (RIBEIRO; FONSECA, 2013). Para isto, a entropia é calculada com a finalidade de avaliar a representatividade de um nó/atributo. Quanto maior a entropia, mais informações são necessárias para caracterizar os dados. Assim, o objetivo consiste em associar a um nó o atributo que minimize a entropia dos dados (SILVA et al., 2008).

Depois de associar o atributo a um nó, o algoritmo C4.5 define um valor limite para cada ramificação. O limiar é calculado pelo algoritmo do vizinho mais próximo, mas primeiramente o algoritmo calcula a distância euclidiana das amostras de treinamento para as instâncias (RIBEIRO; FONSECA, 2013). O algoritmo C4.5 remove os nós desnecessários através do procedimento de poda, produzindo uma árvore tanto mais curta quanto possível. As instâncias são atribuídas à classe que está mais próxima a ela no espaço de atributos (WITTEN; FRANK, 2005).

De acordo com Chawla (2003), o classificador C4.5 trabalha com árvores de decisão tradicionais, entretanto, o C4.5 realiza uma poda à base de erro em que 25% da árvore é podada com o objetivo de melhorar a generalização do classificador e aumentar a acurácia da classificação. De acordo com Witten e Frank (2005), o algoritmo C4.5 culminou em um prático e influente sistema de indução de árvores de decisão.

Ao usar este classificador, o usuário é responsável por previamente definir os melhores parâmetros para segmentar a imagem e por selecionar adequadamente as amostras para cada classe. O processamento do algoritmo é desenvolvido dentro do *software* WEKA, que recebe o arquivo com o conjunto amostral no formato CSV. O sistema gera a árvore de decisão, que posteriormente é implementada em um *software* de processamento de imagens. No caso particular deste trabalho, utilizou-se o eCognition 8.7, originando assim a classificação final.

Para originar as árvores de decisão C4.5 para os dois conjuntos de dados nos dois níveis de detalhamento, foram escolhidos o algoritmo J48 (nome do C4.5 no WEKA) com o número mínimo de objetos fixado em 2. Desta forma, cada folha das árvores geradas terá ao menos dois objetos amostrais classificados por ela. Foram geradas então quatro árvores C4.5. A saída do método J48 do WEKA (C4.5) pode ser apresentada na forma visual de uma árvore (Figura 3.10) ou descrita de forma textual.

Figura 3.10 - Exemplo de árvore de decisão C4.5 gerada pelo *software* WEKA.

Conforme exposto antes, o *software* WEKA apresenta as árvores resultantes de seus processamentos de duas maneiras: visual (conforme Figura 3.10) e textual (Figura 3.11). As árvores resultantes deste trabalho são apresentadas no formato textual nos Apêndices A e B deste documento.

Figura 3.11 - Exemplo de árvore de decisão C4.5 gerada pelo *software* WEKA no formato textual..

```
B1 < = 10473.8
|       B7 < = 15621.1: Sombra
|       B7 > 15621.1: Superfícies Permeáveis
B1 > 10473.8
|       B1 < = 11108.6
|       |       B8 < = 16333.7: Superfícies Impermeáveis
|       |       B8 > 16333.7: Superfícies Permeáveis
|       B1 < = 11108.6: Superfícies Impermeáveis
```

Nota-se que a árvore representada de forma textual na Figura 3.11 é a mesma árvore da Figura 3.10. Observando a árvore em qualquer um de seus formatos, é possível notar que um mesmo atributo pode aparecer diversas vezes em uma árvore, e da mesma forma, uma mesma classe (folha) pode ser originada por uma ou mais ramificações. Tal repetição acontece com o atributo B1, que aparece como nó-raiz e posteriormente como nó-decisão da mesma árvore. De igual modo, as folhas Superfícies Permeáveis e Superfícies Impermeáveis aparecem duas vezes cada uma.

As quatro árvores C4.5 geradas para o presente trabalho, apresentadas nos Apêndices A e B conforme exposto anteriormente, foram integralmente implementadas passo a passo no eCognition 8.7 por meio da ferramenta "Atribuir Classe" (*Assign Class*), em que o atributo escolhido para cada nó da árvore é selecionado e é atribuído a ele o respectivo "Limiar de Condição" (*Threshold Condition*) determinado pela árvore.

Uma excelente descrição completa do classificador C4.5, incluindo o código-fonte completo, é apresentada no livro de Quinlan (1993).

3.3.3.2.2. Floresta Randomica (*Random Forest - RF)*

Floresta Randômica é uma técnica de classificação introduzida por Breiman (2001), que trabalha com uma grande coleção de árvores de decisão descorrelacionadas. A partir das amostras de treinamento originais, são criados diferentes conjuntos amostrais aleatórios, tantos conjuntos quantas forem as árvores de decisão, para permitir que árvores independentes sejam criadas. Quando um conjunto de treinamento para uma árvore é desenhado por amostragem com reposição, cerca de um terço dos casos são deixados de fora da amostra (HASTIE et al., 2009). Na medida em que cada árvore utiliza apenas uma parte das variáveis de entrada, o algoritmo é consideravelmente mais leve do que os classificadores que comparam árvores de decisão de maneira convencional (GISLASON et al., 2006).

O resultado da classificação de cada uma das árvores para um determinado objeto é chamado de voto. Assim, uma floresta randômica obtém um voto de classe de cada árvore para cada instância, e em seguida, a classifica utilizando a maioria de votos (HASTIE et al., 2009). O método proporciona também o cálculo da proximidade entre as árvores da "floresta". A medida de proximidade entre duas árvores é obtida por meio da contagem de quantas ramificações acabam no mesmo nó terminal (GISLASON et al., 2006).

O método combina os conceitos de *Bagging* e *Bootstrapping*, a fim de construir uma coleção de árvores de decisão independentes com variância controlada. *Bagging* ou ensacamento é uma técnica para redução da variância de uma função estimada pelos dados amostrais (HASTIE et al., 2009) e é o método usado para a geração de múltiplas versões de um preditor (BREIMAN, 1996). Já o termo *Bootstrapping* indica a realização de amostragem aleatória com substituição. De acordo com Hastie et al. (2009), é a ferramenta geral para avaliar a qualidade estatística, que pode ser usada para realizar a estimativa de erro de predição extra-amostra.

Random Forest possui três propriedades úteis, que são as estimativas internas de erro, a capacidade de estimar a importância de uma variável e a capacidade de lidar com variáveis explicativas fracas (WALTON, 2008). Para compreender o conceito de estimativa de erro apresentado a seguir, o termo *bagged ou* ensacados refere-se aos dados utilizados no conjunto amostral empregado para a construção de cada árvore. Por sua vez, o termo *out of bag* (OOB) ou fora do saco, diz respeito a cerca de um terço dos dados que foram deixados de fora da amostra inicial (ou de *bootstrap*) e não foram utilizados na construção da árvore.

O erro OOB é estimado internamente durante o processamento. Cada conjunto deixado de fora é utilizado como teste e é classificado por cerca de um terço das árvores. Por fim, é calculada para cada uma dessas instâncias a classe que obtém a maioria dos votos, e é analisada a proporção de vezes em que estas classes obtidas são iguais às verdadeiras classes (BREIMAN; CUTLER, 2004).

Segundo o *website* dos desenvolvedores do código (BREIMAN; CUTLER, 2004), não há necessidade de validação cruzada ou do uso de um conjunto-teste definido separadamente para obter uma estimativa imparcial do erro, visto que o OOB já provou ser imparcial em muitos testes. O erro OOB varia de 0 a 1, em que os menores valores indicam erros de menores magnitudes. O erro

OOB costuma diminuir conforme o número de árvores aumenta. Entretanto, o erro tende a estabilizar em torno de 200 árvores (Figura 3.12).

Uma propriedade já citada do RF é a capacidade de estimar a importância de uma variável. Dada a impossibilidade da compreensão individual de cada uma das variáveis de uma Floresta Aleatória com centenas de árvores, a importância de uma variável é estimada por mudanças no erro de predição (BREIMAN, 2001).

Figura 3.12 - Erro do *Random Forest* em função do número de árvores do modelo.

Fonte: Adaptado de Hastie et al. (2009).

Outra propriedade do RF anteriormente citada é a capacidade de lidar com variáveis explicativas fracas, o que permite a inserção de um grande número de variáveis no algoritmo sem a preocupação de saber se estas serão explicativas ou não. Assim, a capacidade de lidar com dados de entrada de elevadas dimensões tornou o RF atraente para a classificação de sensoriamento remoto hiperespectral (WALTON, 2008).

De acordo com Biau et al. (2008), *Random Forest* tem apresentado excelente desempenho em certo número de problemas práticos. Os autores Breiman e

Cutler (2004) descrevem em seu *website* as seguintes características para o algoritmo:

- é insuperável na precisão entre os algoritmos atuais;
- é executado de forma eficiente em grandes bases de dados;
- pode lidar com milhares de variáveis de entrada sem eliminação prévia de variável;
- apresenta estimativas de quais variáveis são importantes na classificação;
- gera uma estimativa interna imparcial do erro conforme a floresta progride;
- possui um método eficaz para a estimativa de dados inexistentes e mantém a qualidade quando uma grande proporção dos dados está em falta.
- calcula proximidades entre pares de árvores que podem ser usadas em *cluster.*

Para gerar as árvores *Random Forest*, no presente trabalho escolheu-se o algoritmo de mesmo nome no *software* WEKA e indicou-se o número de 10 árvores para cada uma das quatro execuções do algoritmo. Assim, foram originadas 10 árvores para cada conjunto de dados em cada nível de legenda, totalizando assim 40 árvores RF.

Todas as 40 árvores (para os conjuntos de dados WV-2 e SpecTIR em ambos os níveis de legenda) foram implementadas passo a passo no eCognition 8.7 por meio da ferramenta “Atribuir Classe” (*Assign Class*), em que o atributo escolhido para cada nó da árvore é selecionado e é atribuído a ele o respectivo “Limiar de Condição” (*Threshold Condition*) determinado pela árvore.

Após a implementação de cada nó de cada árvore, todas elas foram exportadas no formato *shapefile*, de forma que a informação do nome da classe associada

a cada segmento estivesse presente no arquivo de formato DBF (*Database File*).

Utilizando a informação do nome da classe de cada segmento, um programa em Visual Basic executado no Excel foi desenvolvido para realizar a contagem de votos (*voting*). Dada a existência de 10 árvores RF para cada experimento de classificação, a classificação final RF é dada em função da votação da maioria de votos pertencentes a todas as árvores para um determinado objeto, ou seja, para cada segmento será atribuído a classe, expressa pela maioria dos votos das 10 classificações realizadas por RF.

Assim, um novo arquivo DBF foi gerado a partir da votação, apresentando assim um novo *shapefile* com o resultado final do método para cada conjunto de dados em cada nível de legenda. Por fim, os novos arquivos *shapefile* referentes às quatro classificações finais RF foram visualizados no *software* QGIS 2.8.3 e serão apresentados oportunamente.

3.3.4. Validação dos Resultados

Obtiveram-se então oito classificações, sendo quatro delas geradas pelo conjunto de dados WV-2 para os métodos C4.5 e RF nos dois níveis de detalhamento, e as outras quatro, para o conjunto SpecTIR com o C4.5 e RF também nos dois níveis de detalhamento.

Para tornar possível a validação dos resultados, o mapa de referência foi criado com o auxílio de fotointérpretes especialistas, com base na informação adquirida em visitas de campo ao Campus da Unicamp. A princípio, apenas um mapa foi criado com as classes presentes no Nível de Legenda 2. Entretanto, como as classes presentes no Nível 2 são subclasses do Nível 1, foi possível reconstituí-las de forma agregada e gerar também o mapa de referência para as classes presentes no Nível de Legenda 1. A concepção de tais mapas tornou possível a construção da matriz de confusão (matriz de erros) para cada cena classificada. Uma imagem falsa-cor da área de estudo é apresentada na Figura

3.13, a fim de possibilitar ao leitor a análise visual referente à qualidade dos mapas de referência apresentados nas Figuras 3.14 e 3.15, para os Níveis de Legenda 1 e 2, respectivamente.

Métricas de avaliação da qualidade das classificações foram aplicadas a cada uma das oito classificações finais. Com base nas considerações de Congalton e Green (2009), para as classificações do Nível de Legenda 1, com 11 classes, o objetivo era ter 50 pontos aleatórios sobre a área de cada classe para então realizar a validação do resultado. Já para as classificações do Nível de Legenda 2, com 38 classes, o objetivo era ter um mínimo de 75 pontos aleatórios sobre a área de cada classe. Entretanto, tal objetivo não foi alcançado em sua totalidade, dado o tamanho reduzido de algumas classes, que são incapazes de comportar esse grande número de pontos. Exemplos dessa limitação referem-se às classes: Manta Asfáltica, Lona, Acrílico e Vidro Aramado, que se resumem a poucos pixels na imagem.

Figura 3.13 - Imagem WV-2 da área de estudo na composição 7R5G3B.

Figura 3.14 - Mapa de referência no Nível de Legenda 1.

Figura 3.15 - Mapa de referência no Nível de Legenda 2.

Foram gerados oito conjuntos de coordenadas aleatórias dentro do limite da cena no Minitab 17 *Statistical Software,* sendo um conjunto específico para cada uma das oito classificações. Cada conjunto de pontos foi importado para o QGIS 2.8.3, gerando oito arquivos de pontos aleatórios no formato *shapefile.* Para cada *shapefile* de pontos, foi realizado o cruzamento espacial entre a localização dos pontos aleatórios e os dados de referência e da respectiva classificação, gerando, assim, uma coluna da tabela de atributos do *shapefile* de pontos aleatórios associada ao nome da classe daquele ponto na referência, e outra coluna ao nome da classe do mesmo ponto na classificação. A Figura 3.16 apresenta um dos conjuntos aleatórios de pontos para validação dispostos sobre uma cena WV-2, para exemplificação.

Figura 3.16 - Conjunto de pontos aleatórios dispostos sobre o mapa de referência.

Por meio dos dados presentes nas tabelas de atributos do *shapefil*e de pontos, foram geradas as matrizes de confusão, através das quais foram calculados a

exatidão global, o índice Kappa, o índice Kappa condicional e as acurácias do produtor e usuário para cada classe. Tal procedimento foi repetido oito vezes, isto é, para cada classificação final referente a cada conjunto de dados e a cada um dos níveis de detalhamento.

Pantaleão e Scofield (2009) definem a exatidão global como uma das medidas mais simples, sendo calculada pela soma do total dos pixels corretamente classificados (diagonal principal) dividida pelo número total de pixels da matriz de confusão. A acurácia do produtor indica a probabilidade de um pixel da imagem referência ter sido corretamente classificado. A acurácia do usuário calcula a probabilidade de um pixel classificado no mapa representar verdadeiramente a categoria no solo (CONGALTON, 1991).

O índice Kappa (*K*), apresentado na Equação 3.7, proposto por Cohen (1960), busca avaliar a qualidade da classificação de imagens.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_{ii} - \sum_{i=1}^{k} (n_{i+} n_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^{k} (n_{i+} n_{+i})} , \qquad (3.7)$$

em que:

n_{ii} - número total de amostras corretamente classificadas da classe *k*;

n_{i+} - número total de amostras classificadas da classe *k*;

n_{+i} - número total de amostras coletadas da classe *k*;

n - número total de amostras.

O Kappa condicional segue a mesma lógica do Kappa geral, mas é restrito a uma linha (Kappa Condicional do Usuário), e mostrado na Equação 3.8, ou a

uma coluna (Kappa Condicional do Produtor), e mostrado na Equação 3.9, o que nos permite determinar quais classes estão bem mapeadas.

$$K_u = \frac{nn_{ii} - n_{i+}n_{+i}}{nn_{i+} - n_{i+}n_{+i}} \quad (3.8)$$

,

$$K_p = \frac{nn_{ii} - n_{i+}n_{+i}}{nn_{+i} - n_{i+}n_{+i}} \quad (3.9)$$

.

Landis e Koch (1977) apresentam uma tabela categorizando o índice Kappa (Tabela 3.5). Os próprios autores afirmam que tais divisões são claramente arbitrárias, mas que fornecem "padrões de referência" úteis para a discussão dos resultados.

Tabela 3.5 - Categorização do índice Kappa.

Valores	Categorização
<0	Péssima
0 - 0,2	Ruim
0,21 - 0,4	Razoável
0,41 - 0,6	Bom
0,61 - 0,8	Muito Bom
0,81 - 1,0	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Para analisar as diferenças entre as classificações realizadas, o teste estatístico (*Z*) pode ser utilizado, em que é possível testar se duas matrizes de erro independentes são significantemente diferentes ou não (Equação 3.10):

$$Z = \frac{\left|\hat{K}_1 - \hat{K}_2\right|}{\sqrt{\hat{\text{var}}(\hat{K}_1) + \hat{\text{var}}(\hat{K}_2)}}, \tag{3.10}$$

em que:

K_1 - Kappa da Classificação 1;

K_2 - Kappa da Classificação 2.

Para a realização do teste de significância, é preciso também calcular as variâncias dos índices Kappa para ambas as classificações: var (K_1) e var (K_2), calculada a partir da Equação 3.11.

$$\hat{\text{var}}(\hat{K}) = \frac{1}{n}\left\{\frac{\theta_1(1-\theta_1)}{(1-\theta_2)^2} + \frac{2(1-\theta_1)(2\theta_1\theta_2 - \theta_3)}{(1-\theta_2)^3} + \frac{(1-\theta_1)^2(\theta_4 - 4\theta_2^2)}{(1-\theta_2)^4}\right\}, \tag{3.11}$$

em que:

$$\theta_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} n_{ii} \tag{3.12}$$

$$\theta_2 = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{k} n_{i+}n_{+i} \tag{3.13}$$

$$\theta_3 = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{k} n_{ii}(n_{i+} + n_{+i}) \tag{3.14}$$

$$\theta_4 = \frac{1}{n^3}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k} n_{ij}(n_{j+} + n_{+i})^2 \tag{3.15}$$

.

Todas as equações apresentadas nesta Seção 3.3.4 foram obtidas em Congalton e Green (2009) e Rossiter (2004).

Por fim, o teste de hipótese *Z* com nível de significância de 5% foi realizado entre pares de classificadores de um mesmo conjunto de dados, para avaliar se existe diferença significante entre os métodos. O mesmo teste de hipótese foi realizado entre os resultados obtidos pelo mesmo classificador para os diferentes conjuntos de dados (WV-2 e SpecTIR), a fim de se determinar se as diferenças de acurácia entre as distintas classificações são estatisticamente significantes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um importante atributo a ser utilizado pelas árvores de decisão C4.5 e RF para distinção das classes é o MDA (Modelo Digital de Altura), que resulta na obtenção das alturas dos objetos presentes na cena. Para se chegar a este dado, conforme exposto anteriormente, foi preciso gerar o MDS (Modelo Digital de Superfície), modelo que é obtido por meio de duas imagens da área de interesse, tomadas a partir de pontos de vista diferentes, que resulta em um modelo que considera tanto as variações do terreno, quanto os elementos presentes sobre ele. E também foi necessário gerar o MDT (Modelo Digital do Terreno) por meio da interpolação entre as coordenadas de pontos obtidos em campo, o qual considera apenas as variações do terreno, desconsiderando qualquer elemento que se eleve acima da superfície do terreno. Assim, a subtração entre o MDS (Figura 4.1) e o MDT (Figura 4.2) produziu o MDA (Figura 4.3). Estes três modelos são apresentados como resultados, por terem sido gerados exclusivamente para este trabalho. Entretanto, apenas o MDA (Figura 4.3) foi utilizado como atributo para obtenção das árvores de decisão.

Figura 4.1 - Modelo Digital de Superfície.

Figura 4.2 - Modelo Digital de Terreno.

Figura 4.3 - Modelo Digital de Altura.

Outros atributos customizados foram gerados tanto para os dados WV-2 quanto para os dados SpecTIR. Suas formulações foram descritas na Tabela 3.2. As figuras de numeração entre 4.4 e 4.28 apresentam os atributos utilizados especificamente para adquirir as árvores de decisão que resultaram nas classificações da cena WV-2 para os Níveis de legenda 1 e 2.

Figura 4.4 - Atributo Customizado 1 para os dados WV-2.

Figura 4.5 - Atributo Customizado 2 para os dados WV-2.

Figura 4.6 - Atributo Customizado 3 para os dados WV-2.

Figura 4.7 - Atributo Customizado 4 para os dados WV-2.

Figura 4.8 - Atributo Customizado 5 para os dados WV-2.

Figura 4.9 - Atributo Customizado 6 para os dados WV-2.

Figura 4.10 - Atributo Customizado 7 para os dados WV-2.

Figura 4.11 - Atributo Customizado 8 para os dados WV-2.

Figura 4.12 - Atributo Customizado 9 para os dados WV-2.

Figura 4.13 - Atributo Customizado 10 para os dados WV-2.

Figura 4.14 - Atributo Customizado 11 para os dados WV-2.

Figura 4.15 - Atributo Customizado 12 para os dados WV-2.

Figura 4.16 - Atributo Customizado 13 para os dados WV-2.

Figura 4.17 - Atributo Customizado 14 para os dados WV-2.

Figura 4.18 - Atributo Customizado 15 para os dados WV-2.

Figura 4.19 - Atributo Customizado 16 para os dados WV-2.

Figura 4.20 - Atributo Customizado 17 para os dados WV-2.

Figura 4.21 - Atributo Customizado 18 para os dados WV-2.

Figura 4.22 - Atributo Customizado 19 para os dados WV-2.

Figura 4.23 - Atributo Customizado 20 para os dados WV-2.

Figura 4.24 - Atributo Customizado 21 para os dados WV-2.

Figura 4.25 - Atributo Customizado 22 para os dados WV-2.

Figura 4.26 - Atributo *Brightness* para os dados WV-2.

Figura 4.27 - Atributo NDVI para os dados WV-2.

Figura 4.28 - Atributo SAVI para os dados WV-2.

As figuras de numeração entre 4.29 e 4.53 apresentam os atributos utilizados especificamente para adquirir as árvores de decisão que resultaram nas classificações decorrentes da cena SpecTIR para os Níveis de Legenda 1 e 2.

Figura 4.29 - Atributo Customizado 1 para os dados SpecTIR.

Figura 4.30 - Atributo Customizado 2 para os dados SpecTIR.

Figura 4.31 - Atributo Customizado 3 para os dados SpecTIR.

Figura 4.32 - Atributo Customizado 4 para os dados SpecTIR.

Figura 4.33 - Atributo Customizado 5 para os dados SpecTIR.

Figura 4.34 - Atributo Customizado 6 para os dados SpecTIR.

Figura 4.35 - Atributo Customizado 7 para os dados SpecTIR.

Figura 4.36 - Atributo Customizado 8 para os dados SpecTIR.

Figura 4.37 - Atributo Customizado 9 para os dados SpecTIR.

Figura 4.38 - Atributo Customizado 10 para os dados SpecTIR.

Figura 4.39 - Atributo Customizado 11 para os dados SpecTIR.

Figura 4.40 - Atributo Customizado 12 para os dados SpecTIR.

Figura 4.41 - Atributo Customizado 13 para os dados SpecTIR.

Figura 4.42 - Atributo Customizado 14 para os dados SpecTIR.

Figura 4.43 - Atributo Customizado 15 para os dados SpecTIR.

Figura 4.44 - Atributo Customizado 16 para os dados SpecTIR.

Figura 4.45 - Atributo Customizado 17 para os dados SpecTIR.

Figura 4.46 - Atributo Customizado 18 para os dados SpecTIR.

Figura 4.47 - Atributo Customizado 19 para os dados SpecTIR.

Figura 4.48 - Atributo Customizado 20 para os dados SpecTIR.

Figura 4.49 - Atributo Customizado 21 para os dados SpecTIR.

Figura 4.50 - Atributo Customizado 22 para os dados SpecTIR.

Figura 4.51 - Atributo *Brightness* para os dados SpecTIR.

Figura 4.52 - Atributo NDVI para os dados SpecTIR.

Figura 4.53 - Atributo SAVI para os dados SpecTIR.

Os resultados das classificações utilizando os dados WV-2 e SpecTIR por meio dos classificadores C4.5 e RF serão apresentados a seguir conforme os níveis de legenda. A discussão dos resultados será apresentada em uma seção específica ao final do presente capítulo. Assim, a presente seção se divide em: resultados para o Nível de Legenda 1 (Seção 4.1), resultados para o Nível de Legenda 2 (Seção 4.2), resultados do índice Kappa, testes de hipótese e OOB (Seção 4.3) e discussão (Seção 4.4).

4.1. Resultados para o Nível de Legenda 1

Serão apresentados a seguir os resultados referentes a todas as classificações para o Nível de Legenda 1 com 11 classes, sendo elas com ambos os sensores, WV-2 e SpecTIR, e com os classificadores C4.5 e RF.

Juntamente com cada classificação, serão apresentados os atributos utilizados para gerar as árvores de decisão além de indicadores de qualidade de cada classificação. Para realizar uma análise visual das classificações, comparando-as com a referência, o leitor poderá recorrer ao mapa de referência do Nível de Legenda 1, apresentado anteriormente na Seção 3.3.4.

4.1.1. Resultados das classificações do Nível de Legenda 1 utilizando imagens do WorldView-2

A seguir, serão apresentadas as duas classificações para o Nível de Legenda 1 realizadas com dados WV-2, uma delas obtida a partir do método C4.5 e a outra obtida pelo classificador RF. Antes de apresentar os resultados visuais das árvores de decisão, a fim de possibilitar a apreciação de quais atributos foram significativos para a separação de classes por cada árvore de decisão, as Figuras 4.54 e 4.55 mostram os atributos que foram selecionados pela árvore C4.5 e pelas 10 árvores geradas pelo RF respectivamente, e sua respectiva frequência de ocorrência (número de vezes em que aparecem nas árvores), representada pelo eixo das ordenadas.

Figura 4.54 - Atributos selecionados pela árvore C4.5 para os dados WV-2 - Nível 1.

Figura 4.55 - Atributos selecionados pelas árvores RF para os dados WV-2 - Nível 1.

A árvore C4.5 para os dados WV-2 no Nível de Legenda 1 utilizou 20 atributos para realizar a separação entre classes, enquanto as árvores RF para os mesmo conjunto de dados utilizaram em média 29 atributos cada uma.

Os atributos mais utilizados pela árvore C4.5 foram o MDA (utilizado 14 vezes), a MNF 01 e o índice SAVI (utilizados 12 vezes cada um). Os atributos mais utilizados pelas 10 árvores que geraram a classificação RF foram o SAVI (utilizado 88 vezes) e o AC 19 (utilizado 78 vezes).

As Figuras 4.56 e 4.57 apresentam os resultados das classificações C4.5 e RF respectivamente, ambas para os dados WV-2 no Nível de Legenda 1.

Figura 4.56 - Classificação da imagem WV-2 com o método C4.5 para o Nível de Legenda 1.

Figura 4.57 - Classificação da imagem WV-2 com o método RF para o Nível de Legenda 1.

A classificação dos dados WV-2 no Nível de Legenda 1 utilizando o classificador C4.5 apresentou 73,77% de exatidão global. Já classificação dos dados WV-2 no Nível de Legenda 1 utilizando o classificador RF apresentou 78,91% de exatidão global.

É necessário lembrar que a classificação apresentada na Figura 4.57 corresponde ao resultado final do RF para os dados WV-2 com Nível de Legenda1, resultado este decorrente do processo de votação (*voting*) entre as 10 árvores RF. Assim, cada segmento da classificação final representa a classe que a maioria das 10 árvores escolheu.

As matrizes de confusão de todas as classificações serão apresentadas no Apêndice C, juntamente com os valores de acurácia do produtor e usuário para cada classe.

Como forma de facilitar a interpretação dos resultados obtidos e avaliar os acertos e/ou confusões entre classes, foi gerada a partir das matrizes de confusão figuras que apresentam o valor da exatidão ou da confusão, por meio de círculos de área diretamente proporcional ao erro ou acerto dado em porcentagem. Buscando não poluir o resultado apresentado com informação pouco significativa, essas circunferências foram geradas apenas para valores de exatidão superior a 5,0%. Ainda como forma de auxiliar a interpretação, a legenda associada aos dados da figura procura se assemelhar às mesmas cores das classes associadas à legenda das classificações. As Figuras 4.58 e 4.59 apresentam a referida análise para as classificações WV-2, respectivamente pelos métodos C4.5 e RF.

Para todas as análises do Nível de Legenda 1, entenda-se por C1 a classe Cerâmica, C2 a classe Materiais Mistos e Coberturas Diversas, C3 a classe Coberturas Metálicas, C4 a classe Lago, C5 a classe Vegetação Arbórea, C6 a classe Vegetação Herbácea, C7 a classe Pavimentação Não-Viária, C8 a

classe Pavimentação Viária, C9 a classe Piscina, C10 a classe Solo Exposto e C11 a classe Sombra.

Figura 4.58 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 1.

Nota-se que as classes Materiais Mistos e Coberturas Diversas, Lago, Vegetação Arbórea, Pavimentação Não-Viária, Piscina e Solo Exposto apresentaram um percentual de acerto superior a 80%, enquanto a classe Cerâmica apresentou alta confusão com a classe Sombra, e a classe Pavimentação Viária apresentou confusão com Vegetação Arbórea e Sombra.

Figura 4.59 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método RF para o Nível de Legenda 1.

A classificação RF apresentou um percentual de acerto superior ao da classificação C4.5, visto que a imensa maioria das classes obteve percentual de acerto superior a 80%, embora as classes Cerâmica e Coberturas Metálicas apresentaram confusões com pelo menos outras quatro classes, e a classe Pavimentação Viária apresentou confusão principalmente com a classe Sombra..

4.1.2. Resultados das classificações do Nível de Legenda 1 utilizando imagens do SpecTIR

Os dados decorrentes do sensor SpecTIR foram classificados para o Nível de Legenda 1 também por meio dos classificadores C4.5 e RF. Ao se trabalhar com sensores hiperespectrais, a observação dos resultados numéricos muitas vezes é um pouco dificultada por se tratar de um conjunto *Big Data.* Neste caso, lidou-se com 271 bandas entre as 357 originais deste sensor, além de uma vasta gama de atributos que englobam 50 componentes MNF e 26 atributos customizados, totalizando assim 347 atributos utilizados como dados de entrada para os classificadores.

Considerando que os métodos C4.5 e RF são mineradores de dados, os mesmos foram capazes de selecionar, em meio a esse amplo conjunto de atributos, aqueles necessários para caracterizar os alvos de interesse na imagem. Dos mais de 350 atributos, a árvore C4.5 utilizou apenas 20 atributos para realizar a separação entre classes. As árvores RF utilizaram em média 43 atributos cada uma. As Figuras 4.60 e 4.61 apresentam os atributos utilizados para classificar os dados SpecTIR pelos métodos C4.5 e RF respectivamente.

Figura 4.60 - Atributos utilizados pelo classificador C4.5 para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 1.

Os atributos mais utilizados pela árvore C4.5 foram o AC 4 e o índice SAVI (utilizados 6 vezes cada um).

Figura 4.61 - Atributos utilizados pelo classificador RF para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 1.

Apenas para tornar possível a visualização de todos os atributos utilizados na geração das árvores SpecTIR, foi necessário agrupar as bandas SpecTIR pelo critério dos intervalos espectrais que abrangem as bandas WV-2. Entretanto, como o sensor WV-2 não possui bandas na região do SWIR, têm-se não apenas oito, mas nove regiões espectrais nas quais as bandas SpecTIR foram agrupadas. Os atributos mais utilizados pelas 10 árvores que geraram a classificação RF são as bandas da região espectral do SWIR (utilizadas 192 vezes) seguidas pela região espectral delimitada pela banda 7 do WV-2 nomeada de NIR-1 (utilizados 94 vezes). Entre os atributos customizados, os mais utilizados foram o AC 7 e AC 8 (utilizados 16 vezes cada um).

As Figuras 4.62 e 4.63 apresentam os resultados das classificações C4.5 e RF respectivamente, ambas para os dados SpecTIR no Nível de Legenda 1.

Figura 4.62 - Classificação da imagem SpecTIR com o método C4.5 para o Nível de Legenda 1.

Figura 4.63 - Classificação da imagem SpecTIR com o método RF para o Nível de Legenda 1.

A classificação dos dados SpecTIR no Nível de Legenda 1 utilizando o classificador C4.5 apresentou 74,72% de exatidão global. Já a classificação dos dados SpecTIR no Nível de Legenda 1 utilizando o classificador RF apresentou 81,52% de exatidão global.

Para avaliar a porcentagem de acertos e/ou confusões entre classes em cada uma das classificações SpecTIR do Nível de Legenda 1, são apresentadas as Figuras 4.64 e 4.65, respectivamente, para os métodos C4.5 e RF.

Figura 4.64 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 1.

Percebe-se, por meio da Figura 4.64, que todas as classes obtiveram percentuais de acerto superiores a 50%, destacando-se as classes Materiais Mistos e Coberturas Diversas, que apresentaram percentuais de acertos superiores a 90%. Já as classes Lago e Pavimentação Viária apresentaram os menores percentuais de acertos, em que a classe Lago se confundiu apenas com a classe Piscina, enquanto a classe Pavimentação Viária se confundiu com outras quatro classes.

Figura 4.65 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método RF para o Nível de Legenda 1.

A partir da Figura 4.65, é possível verificar que o menor percentual de acerto entre as classes da classificação SpecTIR com o método RF no Nível de Legenda 1 foi de 60%, obtido pela classe Vegetação Herbácea. Além disso, nota-se que sete classes obtiveram percentuais de acerto superiores a 90%.

4.2 Resultados para o Nível de Legenda 2

Os dados WV-2 e SpecTIR foram novamente submetidos aos classificadores C4.5 e RF, mas desta vez para o Nível de Legenda 2, que apresenta 38 classes de cobertura do solo urbano.

Da mesma forma como sugerido no experimento para o Nível de Legenda 1, para avaliar os resultados visualmente, o leitor poderá consultar o mapa de referência apresentado anteriormente na Seção 3.3.4

4.2.1 Resultados das classificações do Nível de Legenda 2 utilizando imagens do WorldView-2

Serão apresentados nesta seção os resultados referentes aos dados WV-2, para o Nível de Legenda 2.

A árvore C4.5 utilizou apenas 20 atributos para realizar a separação entre classes. Já as árvores RF utilizaram em média 29 atributos cada uma. As Figuras 4.66 e 4.67 apresentam, respectivamente, os atributos e a quantidade de vezes em que cada um foi utilizado pela árvore C4.5 e pelas 10 árvores geradas pelo RF.

Figura 4.66 - Atributos utilizados pelo classificador C4.5 para classificar os dados WV-2 para o Nível de Legenda 2.

Os atributos mais utilizados pela árvore C4.5 foram o MDA (utilizado 16 vezes) e o SAVI (utilizado 12 vezes).

Figura 4.67 - Atributos utilizados pelo classificador RF para classificar os dados WV-2 para o Nível de Legenda 2.

Os atributos mais utilizados pelas árvores RF foram AC 21 (utilizado 100 vezes), seguido pelo AC 19 (utilizado 72 vezes) e AC 22 (utilizado 64 vezes).

As Figuras 4.68 e 4.69 apresentam os resultados das classificações C4.5 e RF respectivamente, ambas para os dados WV-2 no Nível de Legenda 2.

Figura 4.68 - Classificação da imagem WV-2 com o método C4.5 para o Nível de Legenda 2.

Figura 4.69 - Classificação da imagem WV-2 com o método RF para o Nível de Legenda 2.

A classificação dos dados WV-2 no Nível de Legenda 2 utilizando o classificador C4.5 apresentou 70,07% de exatidão global. Já a classificação dos dados WV-2 no Nível de Legenda 2 utilizando o classificador RF apresentou 74,94% de exatidão global.

A fim de facilitar a interpretação dos resultados obtidos, as Figuras 4.70 e 4.71 apresentam o percentual de acertos e/ou confusões entre classes, para as classificações de dados WV-2 para o Nível de Legenda 2 com os respectivos classificadores C4.5 e RF. Lembrando que as cores dos círculos da análise estão relacionados às cores presentes na legenda das classificações.

O Nível de Legenda 2, por apresentar um número elevado de classes, faz com que as análises sejam apresentadas em tamanho pequeno. De qualquer forma, toda a informação que gerou as análises percentuais de acertos e confusões poderão ser consultadas, a fim de dirimir qualquer dúvida, no Apêndice C deste documento.

Para todas as análise do Nível de Legenda 2, entenda-se por C1 a classe Aço Galvanizado Fosco, C2 a classe Aço Galvanizado Brilhante, C3 a classe Aço Galvanizado com Ferrugem, C4 a classe Acrílico, C5 a classe Amianto, C6 a classe Asfalto, C7 a classe Asfalto Pintado de Branco, C8 a classe Asfalto Pintado de Vermelho, C9 a classe Bloquete, C10 a classe Carvão Coque, C11 a classe Cerâmica Escura, C12 a classe Cerâmica Iluminada, C13 a classe Argamassa de Cimento, C14 a classe Argamassa de Cimento Pintado de Verde, C15 a classe Argamassa de Cimento Pintado de Vermelho, C16 a classe Concreto, C17 a classe Concreto Impermeabilizado, C18 a classe Concreto Pintado de Amarelo, C19 a classe Concreto Pintado de Vermelho, C20 a classe CRFS, C21 a classe Fibra de Vidro, C22 a classe Galvalume A, C23 a classe Galvalume B, C24 a classe Galvalume C, C25 a classe Lago, C26 a classe Lona, C27 a classe Manta Asfáltica Aluminizada, C28 a classe Pastilha Esmaltada, C29 a Pedra Mineira, C30 a classe Piscina de Azulejo, C31 a classe Piscina de Vinil, C32 a classe Plástico, C33 a classe Policarbonato, C34 a classe Solo Exposto, C35 a classe Sombra, C36 a classe Vegetação Arbórea, C37 a classe Vegetação Herbácea e C38 a Vidro Aramado.

Figura 4.70 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 2.

Nota-se que apenas 15 classes apresentam percentual de acerto superior a 80% e que 12 classes obtiveram acertos percentuais inferiores a 40%.

Figura 4.71 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados WV-2 pelo método RF para o Nível de Legenda 2.

Apesar de a classificação RF apresentar exatidão global superior à da classificação C4.5, os resultados RF mostraram apenas 12 classes com percentual de acerto superior a 80%. Nove classes obtiveram acertos percentuais inferiores a 40%.

4.2.2 Resultados das classificações do Nível de Legenda 2 utilizando imagens do SpecTIR

Serão apresentados a seguir todos os resultados para o conjunto de dados SpecTIR no Nível de Legenda 2. Convém lembrar que este é o maior conjunto de dados do trabalho, pois têm-se os mesmos 347 atributos do Nível de Legenda 1, mas, desta vez, lida-se com um nível avançado de detalhamento contendo 38 classes de cobertura do solo nas classificações. Tal conjunto *Big Data* faz com que as análises fiquem mais extensas.

A árvore C4.5 utilizou 31 atributos para realizar a separação entre classes. Já as árvores RF utilizaram em média 65 atributos cada uma. As Figuras 4.72 e 4.73 apresentam respectivamente os atributos e a quantidade de vezes em que cada um foi utilizado pela árvore C4.5 e pelas 10 árvores geradas pelo RF.

Figura 4.72 - Atributos utilizados pelo classificador C4.5 para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2.

A árvore C4.5 para os dados SpecTIR no Nível 2 utilizou os atributos SAVI e AC22 mais vezes (no total de 10 vezes cada um).

Figura 4.73 - Atributos utilizados pelo classificador RF para classificar os dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2.

As 10 árvores RF para os dados SpecTIR no Nível 2 utilizaram as bandas da região espectral do SWIR 256 vezes e região do NIR1 154 vezes. Entre os atributos customizados, os mais utilizados foram AC2, SAVI e NDVI, tendo sido utilizados 26 vezes cada um.

As Figuras 4.74 e 4.75 apresentam os resultados das classificações C4.5 e RF respectivamente, ambas para os dados SpecTIR no Nível de Legenda 2.

Figura 4.74 - Classificação da imagem SpecTIR com o método C4.5 para o Nível de Legenda 2.

Figura 4.75 - Classificação da imagem SpecTIR com o método RF para o Nível de Legenda 2.

A classificação dos dados SpecTIR no Nível de Legenda 2 utilizando o classificador C4.5 apresentou 76,28% de exatidão global. Já a classificação dos dados SpecTIR no Nível de Legenda 2 utilizando o classificador RF apresentou 76, 95% de exatidão global.

As Figuras 4.76 e 4.77 apresentam o percentual de acertos e/ou confusões entre classes, referente às classificações de dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2 com os respectivos classificadores C4.5 e RF.

Figura 4.76 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método C4.5 para o Nível de Legenda 2.

Nota-se que 21 entre as 38 classes apresentam percentual de acerto superior a 80%. Apenas três classes obtiveram acertos percentuais inferiores a 40%: Aço Galvanizado Brilhante, Bloquete e Carvão Coque.

Figura 4.77 - Análise percentual dos acertos e confusões da classificação de dados SpecTIR pelo método RF para o Nível de Legenda 2.

Nota-se que 24 entre as 38 classes apresentam percentual de acerto superior a 80%. Seis classes obtiveram acertos percentuais inferiores a 40%, a saber: Acrílico, Asfalto Pintado de Branco, Bloquete, Cerâmica Escura, Policarbonato e Solo Exposto.

4.3 Resultados do índice Kappa, erro OOB e testes de hipótese

A fim de realizar comparações entre as classificações, são apresentados nas Figuras 4.78 e 4.79 os valores obtidos para o índice Kappa, primeiramente pelas quatro classificações do Nível de Legenda 1, e em seguida, para as quatro classificações do Nível de Legenda 2.

Figura 4.78 - Índice Kappa para as classificações do Nível de Legenda 1.

No Nível de Legenda 1, os dados SpecTIR foram superiores aos dados WV-2, assim como o classificador RF foi superior ao C4.5.

Figura 4.79 - Índice Kappa para as classificações do Nível de Legenda 2.

No Nível de Legenda 2, os dados SpecTIR foram superiores aos dados WV-2. No caso dos dados WV-2, o classificador RF foi superior ao C4.5; já para os dados SpecTIR, os classificadores C4.5 e RF apresentaram valores próximos, não sendo possível afirmar nada sobre a significância de superioridade antes da realização do teste de hipótese.

Além do índice Kappa para toda a cena, foram calculados os valores do índice Kappa condicional por classe para todas as oito classificações (Kp - Kappa do produtor condicional por classe; Ku - Kappa do usuário condicional por classe). As tabelas com todos os valores estão disponíveis no Apêndice D. As Figuras 4.80, 4.81, 4.82 e 4.83 apresentam em forma de gráfico os valores do Kappa condicional para cada classificação do Nível de Legenda 1. As Figuras 4.84, 4.85, 4.86 e 4.87 apresentam em forma de gráfico os valores do Kappa condicional para cada classificação do Nível de Legenda 2. Tanto para as figuras de Kappa condicional para as classificações de Nível de Legenda 1, quanto para as figuras de Kappa condicional para as classificações de Nível de Legenda 2, o eixo X representa as classes que são chamadas pela letra C seguida de um número que indica o nome da classe, da mesma forma como foram chamadas na análise percentual dos acertos e confusões, visto que as

mesmas nomenclaturas são utilizadas, e o eixo Y representa o valor do índice Kappa condicional por classe.

Figura 4.80 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método C4.5 – Nível de Legenda 1.

Figura 4.81 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método RF– Nível de Legenda 1.

Figura 4.82 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método C4.5 – Nível de Legenda 1.

Figura 4.83 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método RF – Nível de Legenda 1.

Para o Nível de Legenda 1 que, para os dados WV-2, as classes com valores mais baixos de Kappa Condicional foram Cerâmica e Pavimentação em relação ao método C4.5. Já para o método RF, apenas a classe Cerâmica apresentou valor de Kappa condicional do usuário inferior a 0,4. Para os dados SpecTIR, todas as classes em ambas as classificações apresentam índice Kappa condicional superior a 40%.

Figura 4.84 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método C4.5 – Nível de Legenda 2.

Figura 4.85 - Índice Kappa condicional por classe para os dados WV-2 com o método RF – Nível de Legenda 2.

Figura 4.86 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método C4.5 – Nível de Legenda 2.

Figura 4.87 - Índice Kappa condicional por classe para os dados SpecTIR com o método RF – Nível de Legenda 2.

Nota-se, para o Nível de Legenda 2, que os dados WV-2 apresentam maior número de classes de baixo desempenho que o sensor SpecTIR. As classes de baixo desempenho em ambos os métodos para os dados WV-2 são Acrílico e Concreto Pintado de Amarelo. Já para os dados SpecTIR, apenas a classe Bloquete apresenta baixo desempenho em relação ao valor de Kappa condicional do usuário em ambos os algoritmos de classificação.

Como anteriormente explanado, o método RF possui uma estimativa interna de erro, chamada *out of bag error* (OOB). A Tabela 4.1 apresenta os resultados OOB para todas as classificações RF executadas neste trabalho.

Tabela 4.1 - Valores de erro OOB para as classificações RF.

CLASSIFICAÇÃO	ERRO OOB RF 10
WV-2 N1	0,1993
SpecTIR N1	0,1462
WV-2 N2	0,2443
SpecTIR N2	0,2479

Após a obtenção do índice Kappa para as oito classificações, foram calculadas as variâncias para tais índices, de forma a possibilitar o cálculo dos testes de hipótese.

Oito testes de hipóteses *Z* com nível de significância de 5 % foram realizados. Eles examinaram comparativamente as classificações, visando averiguar a hipótese de que os índices Kappa das classificações comparadas são ou não significantemente diferentes. As informações detalhadas dos testes de hipótese estão dispostas no Apêndice E. As hipóteses testadas e os resultados são apresentados resumidamente na sequência:

- Teste 1 - Comparação entre os classificadores C4.5 e RF para os dados WV-2 no Nível de Legenda 1.
    - Resultado: o índice Kappa do classificador RF é significantemente maior que o índice Kappa do classificador C4.5.
- Teste 2 - Comparação entre os classificadores C4.5 e RF para os dados SpecTIR no Nível de Legenda 1.
    - Resultado: o índice Kappa do classificador RF é significantemente maior que o índice Kappa do classificador C4.5.
- Teste 3 - Comparação entre os classificadores C4.5 e RF para os dados WV-2 no Nível de Legenda 2.
    - Resultado: o índice Kappa do classificador RF é significantemente maior que o índice Kappa do classificador C4.5.
- Teste 4 - Comparação entre os classificadores C4.5 e RF para os dados SpecTIR no Nível de Legenda 2.
    - Resultado: os índices Kappa dos classificadores C4.5 e RF não são significantemente diferentes.
- Teste 5 - Comparação entre os conjuntos de dados WV-2 e SpecTIR para a classificação realizada pelo algoritmo C4.5 para o Nível de Legenda 1.

    - Resultado: o índice Kappa do conjunto de dados SpecTIR é significantemente maior que o índice Kappa do WV-2.

- Teste 6 - Comparação entre os conjuntos de dados WV-2 e SpecTIR para a classificação realizada pelo algoritmo RF para o Nível de Legenda 1.

    - Resultado: o índice Kappa do conjunto de dados SpecTIR é significantemente maior que o índice Kappa do WV-2.

- Teste 7 - Comparação entre os conjuntos de dados WV-2 e SpecTIR para a classificação realizada pelo algoritmo C4.5 para o Nível de Legenda 2.

    - Resultado: o índice Kappa do conjunto de dados SpecTIR é significantemente maior que o índice Kappa do WV-2.

- Teste 8 - Comparação entre os conjuntos de dados WV-2 e SpecTIR para a classificação realizada pelo algoritmo RF para o Nível de Legenda 2.

    - Resultado: o índice Kappa do conjunto de dados SpecTIR é significantemente maior que o índice Kappa do WV-2.

A validação dos dados foi feita com diversos indicadores da qualidade das classificações, mas somente o teste de hipótese pode afirmar se o índice Kappa de uma classificação é significantemente superior ao de outra.

A seguir, apresenta-se a discussão dos resultados.

4.4 Discussão

O trabalho analisou a diferença de desempenho entre os métodos de classificação por árvore de decisão C4.5 e RF e os conjuntos de dados WV-2

e SpecTIR para dois diferentes níveis de detalhamento, um deles com 11 classes e o outro com 38 classes de cobertura do solo urbano.

Conforme esperado, os métodos que trabalham de forma distinta apresentaram diferenças quanto à escolha dos atributos para suas árvores de decisão. Tais diferenças incluem desde o número de atributos necessários para gerar as árvores, os atributos escolhidos e a quantidade de vezes em que tais atributos aparecem nas árvores.

O método C4.5 sempre utiliza um número menor de atributos, quando comparado ao método RF. A título de exemplo, enquanto para as duas classificações do Nível de Legenda 1 o classificador C4.5 utilizou 20 atributos para ambas as árvores, as mesmas classificações com o classificador RF empregaram uma média de 29 e 43 atributos. O mesmo ocorre com as classificações do Nível de Legenda 2, em que o C4.5 utiliza 18 e 31 atributos, e o RF emprega, respectivamente, 29 e 65 atributos. Tal observação corrobora a informação provida por Witten e Frank (2005), os quais afirmam que o classificador C4.5 trabalha com um sistema de podas responsável por produzir árvores mais compactas. Por outro lado, o RF utiliza um número maior de atributos, e consequentemente, suas árvores resultantes apresentam igualmente maiores dimensões.

Em relação à seleção de atributos pelos classificadores, notou-se que os atributos mais utilizados para os dados WV-2 foram o MDA, os atributos customizados e o índice de vegetação SAVI. Já para os dados SpecTIR, além dos atributos citados, foram bastante utilizadas as bandas das regiões do NIR e SWIR. Para destacar os atributos mais significativos para a definição das árvores, segue a lista abaixo:

- Nível 1 para os dados WV-2:
    - C4.5 → MDA, MNF 1 e SAVI.
    - RF → AC 19 e AC 21.

- Nível 2 para os dados WV-2:
    - C4.5 → MDA e SAVI;
    - RF → AC 19, AC 21 e AC 22.
- Nível 1 para os dados SpecTIR:
    - C4.5 → AC 4 e SAVI;
    - RF → Bandas do SWIR e NIR, AC7 e AC8.
- Nível 2 para os dados SpecTIR:
    - C4.5 → AC22 e SAVI;
    - RF → Bandas do SWIR e NIR, AC2, SAVI e NDVI.

Lembrando que a classificação RF é obtida por uma votação entre as árvores, pode-se considerar que os atributos utilizados não são tão significativos quanto os atributos selecionados pelo C4.5, que produz uma única árvore.

As maiores confusões entre classes encontradas foram as seguintes: Lago x Piscina para o Nível de Legenda 1, e Policarbonato x Sombra para o Nível de Legenda 2. A confusão Lago x Piscina foi encontrada na classificação para dados WV-2 com o classificador C4.5, para avaliar tal confusão foi gerado o diagrama de espalhamento para os dois alvos com os atributos escolhidos pela árvore para caracterizá-los dispostos nos eixos X (MDA) e Y (AC 21), conforme a Figura 4.88.

Da mesma forma, no Nível de Legenda 2, para avaliar a confusão Policarbonato x Sombra que foi encontrada na classificação para os dados WV-2 com o classificador RF foi gerado o diagrama de espalhamento para os dois alvos com os atributos escolhidos pela árvore para caracterizá-los dispostos nos eixos X (AC 12) e Y (AC 21), conforme a Figura 4.89.

Figura 4.88 - Diagrama de espalhamento das classes Lago e Piscina (Classificação WV-2 / C4.5 / N1) utilizando os atributos MDA e AC21.

Figura 4.89 - Diagrama de espalhamento das classes Policarbonato e Sombra (Classificação WV-2 / RF / N2) utilizando os atributos AC 12 e AC 21.

As Figuras 4.88 e 4.89 foram geradas para as principais confusões encontradas nas classificações. Entretanto, é possível constatar que os diagramas de

espalhamento não refletem a real separabilidade entre classes, visto que foram gerados a partir das amostras de treinamento e estas amostras não apresentam a mesma confusão.

Todas as classificações para as cenas WV-2 e SpecTIR obtiveram exatidão global superior a 70%, ou seja, todas elas obtiveram qualidade considerada como muito boa ou excelente de acordo com Landis e Koch (1977).

Para fins de comparação visual entre as classificações, são apresentadas na sequência as Figuras 4.90 e 4.91, contendo o mapa de referência e todas as classificações dispostas lado a lado, respectivamente para os Níveis de Legenda 1 e 2. Como todas as figuras que as compõem já foram apresentadas anteriormente, e estão juntamente dispostas apenas para o leitor realizar uma comparação visual, as Figuras 4.90 e 4.91 não exibirão os elementos descritivos do mapa de referência e das classificações (norte geográfico, escala gráfica, sistema de projeção cartográfica e datum horizontal) de forma individualizada.

As classificações do Nível de Legenda 1 não apresentam novidades ao estado da arte, mesmo utilizando dois métodos reconhecidamente robustos, haja vista a existência de trabalhos semelhantes na literatura, como: Pinho et al. (2012), Ghamisi et al. (2015), Longbotham et al. (2014), entre outros.

Figura 4.90 - Mapa de referência (A) e classificações para o Nível de Legenda 1: WV-2 com C4.5 (B), WV-2 com RF (C), SpecTIR com C4.5 (D) e SpecTIR com RF (E).

Figura 4.91 - Mapa de referência (A) e classificações para o Nível de Legenda 2: WV-2 com C4.5 (B), WV-2 com RF (C), SpecTIR com C4.5 (D) e SpecTIR com RF (E).

As classificações do Nível de Legenda 2 chegam a um grau de detalhamento ainda não reportado na literatura de sensoriamento remoto. As classificações do conjunto de dados SpecTIR com o método RF para este nível refinado de legenda (38 classes) apresentaram exatidão global igual ou superiores a 76,95%. De acordo com a categorização de Landis e Koch (1977), em uma análise detalhada desta mesma classificação por meio do Kappa condicional por classes, constatou-se que há 23 classes consideradas excelentes, sete classes consideradas muito boas, seis classes consideradas boas, uma classe considerada razoável e uma classe considerada ruim.

Portanto, dentre as 38 classes da classificação SpecTIR com o método RF para o Nível 2, há 30 classes consideradas muito boas ou excelentes. Este resultado comprova a eficiência deste método associado ao uso de imagens hiperespectrais para caracterizar individualmente classes de materiais que são visualmente semelhantes. Estão entre essas 30 classes: três tipos de aço galvanizado, dois tipos de piscina, quatro tipos de concreto, três tipos de galvalume, amianto e CRFS, entre outras classes. As classes consideradas razoável e ruim são: asfalto pintado de branco e cerâmica escura, respectivamente.

Os testes de hipótese comparando o desempenho de classificadores indicaram, em três dos quatro testes, que o método RF é significantemente superior ao método C4.5.

O método RF poderia ter alcançado resultados melhores, tendo sido limitado pelo pequeno número de árvores empregadas na análise (apenas 10). Sabe-se que quanto maior o número de árvores, melhor seu desempenho (HASTIE et al., 2009). Entretanto, um número superior de árvores não foi escolhido devido à intenção de se gerar cada árvore manualmente, nó a nó, com o objetivo de conhecer todas as árvores intermediárias deste método.

Outras plataformas, diferentes da utilizada neste trabalho, apresentam o resultado do classificador rapidamente, mas não apresentam as árvores intermediárias, somente o resultado final. Acredita-se que com as mesmas amostras e um número superior de árvores, como 100 ou 200, o desempenho do mesmo classificador possa melhorar substancialmente. Porém, dada a maior exigência computacional do RF para gerar centenas de árvores, classificar o dado de interesse com todas elas, e posteriormente realizar uma votação para obter a classe vencedora para cada instância, talvez seja adequado optar de antemão pelo classificador C4.5, que, com apenas uma árvore de tamanho inferior ao do RF, conseguiu bons resultados.

Os testes de hipótese para os Níveis de Legenda 1 e 2 demonstraram que, tanto com relação ao método C4.5 quanto ao RF, as classificações obtidas com dados do sensor SpecTIR apresentaram resultados significantemente superiores aos das classificações obtidas com dados do sensor WV-2. Percebe-se com este importante resultado que não basta ter um dado de alta resolução espacial para caracterizar com acurácia alvos presentes no ambiente urbano, mas é necessária a junção dessa importante característica com a alta resolução espectral. Tal resultado corrobora o trabalho de Weber e O'Connel (2011), no qual afirmam que para o mapeamento acurado do ambiente urbano é necessária a integração da alta resolução espacial com a alta resolução espectral.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho realizou oito diferentes classificações, sendo quatro delas associadas a um nível de detalhamento que apresenta 11 classes de cobertura do solo urbano, e as outras quatro classificações estão associadas a um nível de detalhamento consideravelmente refinado, que exibe 38 classes de cobertura do solo urbano.

Foram utilizados dois tipos de dados, imagens orbitais multiespectrais do sensor WorldView-2 (WV-2) e imagens aerotransportadas hiperespectrais do sensor ProSpecTIR VNIR-SWIR (SpecTIR), além dos classificadores baseados em árvore de decisão C4.5 e Floresta Randômica (*Random Forest* - RF). Os desempenhos dos conjuntos de dados e dos classificadores foram testados nos dois níveis de detalhamento, e todas as classificações para ambos os níveis apresentaram índices Kappa superiores a 0,7.

Uma análise dos atributos selecionados pelos classificadores C4.5 e RF foi realizada, e notou-se que os atributos mais utilizados foram o SAVI, o MDA e os atributos customizados (AC). Constatou-se também que o método C4.5 necessita de um número menor de atributos para obter bons resultados. Já o método RF, capaz de obter melhores resultados, possui custo computacional elevado.

Com o objetivo de analisar a similaridade entre as classificações, foram realizados os testes de hipótese. O teste de similaridade *Z* demonstrou que, em 75% dos casos, o classificador RF apresentou superioridade de desempenho.

Na análise relativa aos conjuntos de dados, o sensor hiperespectral SpecTIR mostrou-se ser significantemente superior ao sensor orbital WV-2 em todas as análises comparativas, tanto para os diferentes métodos de classificação quanto para os diferentes níveis de detalhamento.

Deve-se destacar que, entre todas as oito classificações realizadas, a classificação dos dados SpecTIR para o Nível 2 atingiu exatidão global superior a 76%, o que é um resultado interessante em vista do elevado grau de detalhamento da legenda de classes.

Tal resultado argumenta em prol de um número cada vez mais elevado de classes de cobertura, como as 38 classes de cobertura do solo urbano empregadas neste trabalho, a despeito do posicionamento em contrário observado atualmente em alguns setores da comunidade científica. É mister refletir que, se o sensoriamento remoto evoluiu com o passar dos anos, possibilitando a utilização de imagens de resolução espacial submétrica e imagens hiperespectrais, os métodos e as análises para a exploração de tais dados devem da mesma forma concomitantemente evoluir. Espera-se que o progressivo avanço dos sensores remotos motive pesquisadores, acadêmicos, profissionais e gestores a buscarem resultados mais refinados a cada nova análise. Neste sentido, o presente trabalho avançou no estado da arte, por trabalhar em um nível de detalhamento notadamente particularizado do ambiente urbano, sem precedentes na literatura.

Recomenda-se para trabalhos futuros:

- a avaliação de novos métodos de classificação, como, por exemplo, o classificador Máquina de Vetores de Suporte (*Support Vector* Machine - SVM);

- a simulação dos dados WV-2 por meio dos dados SpecTIR, para testar o desempenho das imagens em uma mesma geometria de aquisição e iluminação;

- a criação de um terceiro conjunto de dados, formado conjuntamente por imagens WV-2 e SpecTIR, a fim de avaliar se um conjunto de dados híbrido é capaz de obter melhores resultados do que o conjunto hiperespectral isoladamente.

Tais proposições são bastante trabalhosas, visto que, conforme exposto anteriormente ao longo deste documento, os dados hiperespectrais se enquadram em um amplo e novo campo do conhecimento denominado *Big Data*. Isso certamente irá impor crescentes desafios, ao mesmo tempo em que descortinará uma multiplicidade de novas oportunidades de investigação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. L.; GALVÃO, L.S.; CASTRO, R. M. Conversão dos números digitais de imagens TIR do sensor HSS para radiância e estimativa da temperatura e emissividade. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.4, n.64, p. 487-502, 2012.

ARAKI, H.; CENTENO, J. A. S.; HUINCA, S. C. M.; CAVALHEIRO, A. C. Ortorretificação de imagem quickbird utilizando modelos geométricos dependentes de terreno e modelo de superfície gerado com dados laser scanning. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 2005, Curitiba, Brasil. **Anais…** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.

BAATZ, M.; A. SCHAPE, Multiresolution segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. **Angewandte Geographische Informationsverarbeitung**, v. 12, p. 12-23, 2000. AGIT Symposium.

BAUSCH, W. C.; DUKE, H. R. Remote sensing of plant nitrogen status in corn. **Transactions of the ASAE**, v. 39, n. 5, p. 1869-1875, 1996.

BENEDIKTSSON, J. A.; CHANUSSOT, J.; MOON, W. M. Very high-resolution remote sensing: Challenges and opportunities. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, n. 6, p. 1907-1910, 2012.

BERK, A.; BERNSTEIN, L. S.; ANDERSON, G. P.; ACHARYA, P. K.; ROBERTSON, D. C.; CHETWYND, J. H.; ADLER-GOLDEN, S. M. MODTRAN cloud and multiple scattering upgrades with application to AVIRIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 65, n. 3, p. 367–37, 1998.

BIAU, G.; DEVROYE, L.; LUGOSI, G. Consistency of random forests and other averaging classifiers. **Journal of Machine Learning Research**, v. 9, p. 2015-2033, 2008.

BIOUCAS-DIAS, J. M.; PLAZA, A.; CAMPS-VALLS, G.; SCHEUNDERS, P.; NASRABADI, N. M.; CHANUSSOT, J. Hyperspectral remote sensing data analysis and future challenges**. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine**, v.1, n. 2, p. 6-36. 2013.

BOARDMAN, J. W.; KRUSE, F. A. Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: In: THEMATIC CONFERENCE ON GEOLOGIC REMOTE SENSING, 10., 1994, Ann Arbor, USA. **Proceedings…** Ann Arbor: Environmental Research Institute of Michigan, 1994. p. 407-418.

BREIMAN, L. Bagging predictors. **Machine Learning**, v. 24, n. 2, p. 123-140, 1996.

BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.

BREIMAN, L.; CUTLER, A. **Random Forests.** 2004. Disponível em: <https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/>. Acesso em: 10 jan. 2016.

CAVALLARO, G.; RIEDEL, M.; RICHERZHAGEN, M.; BENEDIKTSSON, J.A.; PLAZA, A. On Understanding Big Data Impacts in Remotely Sensed Image Classification Using Support Vector Machine Methods. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,** v.8, n.10, p.4634-4646, 2015. DOI: 10.1109/JSTARS.2015.2458855. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=7185322&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D7185322>. Acesso em: 20 jan. 2016.

CHAWLA, N. V. C4. 5 and imbalanced data sets: investigating the effect of sampling method, probabilistic estimate, and decision tree structure. In: WORKSHOP ON LEARNING FROM IMBALANCED DATASETS (ICML), 2003, Washington, USA. **Proceedings…** 2003. Disponível em: <http://www.site.uottawa.ca:4321/~nat/Workshop2003/chawla.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. G. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1983.

CONGALTON, R. G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.54, n. 5, p. 593–600, 1988.

CONGALTON, R. G. A Review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.

CONGALTON, R. G., GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. 183 p. ISBN (978-1-4200-5512-2)

CORTIJO, F. J.; LA BLANCA, N. P. A comparative study of some non-parametric spectral classifiers. Applications to problems with high-overlapping training sets. **International Journal of Remote Sensing**, v.18, n.6, p.1259-1275, 1997.

COSTA, L. F.; CESAR JR., R. M. **Shape analysis and classification: theory and practice.** Boca Raton: CRC Press, Inc., 2000. 659 p. ISBN (0-8493-3493-4).

CRÓSTA, A. P.; SOUZA FILHO, C. R. Hyperspectral remote sensing for mineral mapping: a case-study at alto Paraíso de Goías, central Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 30, n. 3, p. 551-554, 2000.

DALLA MURA, D. M.; PRASAD, S.; PACIFICI, F.; GAMBA, P.; CHANUSSOT, J.; BENEDIKTSSON, J.A. Challenges and opportunities of multimodality and data fusion in remote sensing. **Proceedings of the IEEE** , v. 103, n. 9, p.1585-1601, 2015 doi: 10.1109/JPROC.2015.2462751. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6952000>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

DEBIASI, P. **Ortorretificação de imagens CCD CBERS 2 através da transformação DLT**. 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.

DEFINIENS. **Definiens Developer 7:** reference book. Munique: Definiens AG, 2007. 195 p. Disponível em: <http://www.ecognition.cc/download/ReferenceBook.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2016.

DIGITAL GLOBE. **The benefits of the 8 spectral bands of worldview-2**. 2010. Disponível em: <http://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView-2_8-Band_Applications_Whitepaper.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2015.

DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G**. Pattern classification.** New Delhi: John Wiley & Sons, 2012. 654 p. ISBN(978-81-265-1116-7).

ESLAMI, M.; MOHAMMADZADEH, A. Developing a spectral-based strategy for urban object detection from airborne hyperspectral TIR and visible data. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. PP, n. 99, pp.1-9, 2016. Doi 10.1109/JSTARS.2015.2489838 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7320981&isnumber=4609444> Acesso em: 20 jan. 2016.

FIDALGO, E. C. C. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-LANDSAT.** 1995. 167p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1995. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.06.35>. Acesso em: 06 abr. 2016.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Interpretação de imagens orbitais por meio de sistema especialista para o mapeamento de cobertura da terra em região montanhosa. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 283-301, 2012a.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 2, p. 302-326, 2012b.

FRANKE, J.; ROBERTS, D. A.; HALLIGAN, K.; MENZ, G. Hierarchical Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis (MESMA) of hyperspectral imagery for urban environments. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 8, p. 1712-1723, 2009.

GAMBA, P.; DELL'ACQUA, F. Fusion of radar and optical data for identification os human settlements. In: WENG, Q. **Remote sensing of impervious surfaces**. Boca Raton: CRC Press, 2007, 466p.

GAO, Z; LIU, X. Support vector machine and object-oriented classification for urban impervious surface extraction from satellite imagery. In. INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRO-GEOINFORMATICS, 3., 2014, Beijing, China. **Proceedings…** Beijing: IEEE, 2014. p.1-5. DOI 10.1109/Agro-Geoinformatics.2014.6910661. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6910661&tag=1>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

GHAMISI, P.; BENEDIKTSSON, J.A.; SVEINSSON, J.R. Automatic spectral–spatial classification framework based on attribute profiles and supervised feature extraction. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.52, n.9, p.5771-5782, 2014. DOI 10.1109/TGRS.2013.2292544 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6685827&isnumber=6756973>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

GHAMISI, P.; WU, D.; CAVALLARO, G.; BENEDIKTSSON, J.A.; PHINN, S.; FALCO, N. An advanced classifier for the joint use of LiDAR and hyperspectral data: Case study in Queensland, Australia. In. IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2015, Milan. **Proceedings…** Milan: IEEE, 2015. p.2354-2357. DOI 10.1109/IGARSS.2015.7326281 Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7326281&isnumber=7325670>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

GISLASON, O.; BENEDIKTSSON, J. A.; SVEINSSON, J. R. Random Forests for land cover classification. **Pattern Recognition Letters**, v. 27, n. 4, p. 294-300, 2006.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; MERZLYAK, M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, n. 3, p. 289-298, 1996.

GOVENDER, M.; CHETTY, K.; BULCOCK, H. A review of hyperspectral remote sensing and its application in vegetation and water resource studies. **Water SA**, v. 33, p. 145-151, 2006.

GREEN, A. A.; BERMAN, M.; SWITZER, P.; CRAIG, M. D., "A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal," **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 26, n. 1, p. 65-74, 1988. DOI 10.1109/36.3001. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=3001&isnumber=170>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

GRIFFITHS, P.; HOSTERT, P.; GRUEBNER, O.; VAN DER LINDEN, S. Mapping megacity growth with multi-sensor data. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 426-439, 2010.

GUYON, I; WESTON, J.; BARNHILL, S.; VAPNIK, V. Gene selection for cancer classification using support vector machines. **Machine Learning.** v.46, p.389-422, 2002. Disponível em: < http://www.clopinet.com/isabelle/Papers/geneselect.pdf >. Acesso em: 20 Jan. 2016.

HALL, M. A. **Correlation-based feature subset selection for machine learning.** 1998. 178p. Tese (Doutorado em Filosofia) - University of Waikato, Hamilton - New Zealand, 1998. Disponível em: <http://www.cs.waikato.ac.nz/~mhall/thesis.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; PFAHRINGER, B.; REUTEMANN, P.; WITTEN, I. H. The WEKA data mining software: an update. **ACM SIGKDD explorations newsletter**, v.11, n.1, p.10-18. 2009.

HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. **Data mining:** concepts and techniques. 3 ed. Whaltan: Elsevier, 2012. 744p. ISBN(978-0-12-381479-1).

HAPP, P. N.; FERREIRA, R. S.; BENTES, C.; COSTA, G. A. O. P.; FEITOSA, R. Q. Segmentação multiresolução: uma abordagem paralela para segmentação de imagens de alta resolução em arquiteturas de múltiplos núcleos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6935-6942. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.10.13>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HARDIN, P.; HARDIN, A. Hyperspectral Remote Sensing of Urban Areas. **Geography Compass**, v. 7, p. 7-21, 2013.

HARSANYI, J. C.; CHANG, C. I. Hyperspectral image classification and dimensionality reduction: an orthogonal subspace projection approach. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 32, n. 4, p. 779-785, 1994.

HASTIE, T. J.; TIBSHIRANI, R. J.; FRIEDMAN, J. H. **The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction.** New York: Springer, 2009.

HEROLD, M.; GARDNER, E.M.; ROBERTS, D.A. Spectral resolution requirements for mapping urban areas. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, p. 1907-1919, 2003.

HEROLD. M.; ROBERTS, D.A; GARDNER, E.M.; DENNISON, P.E. Spectrometry for urban area remote sensing – Development and analysis of a spectral library from 350 to 2400 nm. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, p. 304-319, 2004.

HUANG. X; ZHANG, L. An SVM ensemble approach combining spectral, structural, and semantic features for the classification of high-resolution remotely sensed imagery. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.51, n.1, p.257-272, 2013. DOI 10.1109/tgrs.2012.2202912 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6239588&isnumber=6387651>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment,** v. 25, p. 53-70, 1988.

JAIN A. K. **Fundamentals of digital image processing**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1989. 565p.

JAIN, S. K.; SARAF, A. K.; GOSWAMI, A.; AHMAD, T. Flood inundation mapping using NOAA AVHRR data. **Water Resources Management**, v. 20, n. 6, p. 949-959, 2006.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de J.C.N. Ephiphanio. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 P. ISBN(978-85-60507-06-1).

JIA, X.; KUO, B.; CRAWFORD, M. M., Feature Mining for Hyperspectral Image Classification. **Proceedings of the IEEE**, v. 101, n. 3, p. 676-697, 2013. DOI: 10.1109/JPROC.2012.2229082. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6450025&tag=1>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

KEREKES, J.P.; SCHOTT, J.R. Hyperspectral Imaging Systems. In: CHANG, C. (ed.). **Hyperspectral data exploitation: theory and applications**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 430p. ISBN(978-0-471-74697-3).

KOHAVI, R.; JOHN, G. H. Wrappers for feature subset selection. **Artificial Intelligence**, v. 97, p. 273-324, 1997. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000437029700043X>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

KHODADADZADEH, M.; JUN LI; PLAZA, A.; GAMBA, P.; ATLI BENEDIKTSSON, J.; BIOUCAS-DIAS, J.M. A new framework for hyperspectral image classification using multiple spectral and spatial features. In. IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2014, Quebec, Canada. **Proceedings…** Quebec: IEEE, 2014. p.4628-4631. DOI 10.1109/IGARSS.2014.6947524 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6947524&isnumber=6946328>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

KHODADADZADEH, M.; JUN LI; PLAZA, A.; BIOUCAS-DIAS, J.M. Hyperspectral image classification based on union of subspaces. In. URBAN REMOTE SENSING EVENT (JURSE), 2015, Lausanne, Suíça. **Proceedings…** Suíça: IEEE, 2015. p.1-4. DOI 10.1109/JURSE.2015.7120510 Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7120510&isnumber=7120346>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

KORTING, T. S. **GEODMA:** a toolbox integrating data mining with object-based and multi-temporal analysis of satellite remotely sensed imagery. 2012, 96 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012. Disponível em: < http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2012/07.31.18.22/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2016.

KOWALCZYK, M. **Decision trees, entropy, information gain, ID3**. Marquette: Northern Michigan University. 2009. 70 slides. Disponível em: <http://euclid.nmu.edu/~mkowalcz/cs495f09/slides/lesson015.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2016.

KUMAR, B.; DIKSHIT, O. Integrating spectral and textural features for urban land cover classification with hyperspectral data. In. URBAN REMOTE SENSING EVENT (JURSE), 2015, Lausanne, Suíça. **Proceedings…** Suíça: IEEE, 2015. p.1-4. DOI 10.1109/JURSE.2015.7120517. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7120517&isnumber=7120346>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

LABEN, C. A.; BROWER, B. V. **Process for enhancing the spatial resolution of multispectral imagery using pan-sharpening.** US6011875 A. 29 abril 1998, 04 jan 2000.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p.159–174, 1977. DOI 10.2307/2529310. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/pdf/2529310.pdf?acceptTC=true>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

LATIFOVIC, R.; HOMER, C.; RESSL, R.; POULIOT, R.; HOSSAIN, S. N.; COLDITZ, R. R.; OLTHOF, I.; GIRI, C. P.; VICTORIA, A. North american land change monitoring system. In: GIRI, C. P. **Remote sensing of land use and land cover: principles and applications**. Boca Ranton: CRC Press, 2012. 446p.

LATORRE, M.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; SHIMABUKURO, Y. E. Correção atmosférica: conceitos e fundamentos**. Espaço e Geografia**, v.5, n.1, p.153-178, 2002.

LEE, J. B; WOODYATT, A. S.; BERMAN, M. Enhancement of high spectral resolution remote sensing data by a noise-adjusted principal components transform. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.28, p. 295-304. 1990.

LEONARDI, F. **Abordagens cognitivas e mineração de dados aplicadas a dados ópticos orbitais e de laser para a classificação de cobertura do solo urbano**. 2010. 162 p. (sid.inpe.br/mtcm19@80/2010/03.17.11.42-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/376H8M2>. Acesso em: 28 ago. 2013.

LEONARDI, F.; ALMEIDA, C. M.; FONSECA, L. M. G.; TOMÁS, L. R. An ALTM digital height model associated with VHR Imagery for an object-based classification of intra-urban targets. In: URBAN REMOTE SENSING EVENT (JURSE), 2013, São Paulo. **Proceedings…** p. 296 -299. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6550723&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6550723>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

LI, S.; WU, H.; WAN, D.; ZHU, J. An effective feature selection method for hyperspectral image classification based on genetic algorithm and support vector machine. **Knowledge-Based Systems**, v. 24, p. 40-48, 2011. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705110001097>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

LIAO, W; BELLENS, R.; PIZURICA, A.; PHILIPS, W.; YOUGUO, P.I. Classification of hyperspectral data over urban areas using directional morphological profiles and semi-supervised feature extraction. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v.5, n.4, p.1177-1190, 2012. DOI 10.1109/jstars.2012.2190045. Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6202365&isnumber=6246679>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

LINN, R. M. **Avaliação dos modelos de mistura espectral MESMA e SMA aplicados aos dados hiperespectrais Hyperion/EO-1 adquiridos na planície costeira do Rio Grande do Sul.** 2008. 140 p. Dissertação (Mestrado em

Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.

LONGBOTHAM, N.; CHAAPEL, C.; BLEILER, L.; PADWICK, C.; EMERY, W.J.; PACIFICI, F. Very High Resolution Multiangle Urban Classification Analysis**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.50, n.4, p.1155-1170, 2012. DOI 10.1109/TGRS.2011.2165548. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6032741&isnumber=6172975>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

LONGBOTHAM, N., PACIFICI, F., BAUGH, B., & CAMPS-VALLS, G. (2014). Prelaunch assessment of WorldView-3 information content. In: IEEE GRSS WORKSHOP ON HYPERSPECTRAL IMAGE AND SIGNAL PROCESSING (WHISPERS), 2014, Lausanne, Suíça. **Proceedings…** Suíça: IEEE, 2014. p. 479-486. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/N_Longbotham/publication/283876097_PRELAUNCH_ASSESSMENT_OF_WORLDVIEW-3_INFORMATION_CONTENT/links/5649535c08ae9f9c13ebd4e4.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

MACHADO, A. A.; REYES, A. E. L.; FERREIRA, D. F.; DEMÉTRIO, C. B.; RIBEIRO, P. J. **Sistema Galileu de Educação Estatística.** 2008. Disponível em: <http://www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=84>. Acesso em: 22 de abr. 2016.

MANOLAKIS, D.; MARDEN, D.; SHAW, G. Hyperspectral image processing for automatic target detection applications. **Lincoln Laboratory Journal**, v. 14, p. 79-116, 2003.

MARTIN, L. **Ortorretificação, como funciona?** 2015. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/ortorretificacao-como-funciona/>. Acesso em: 20 jan. 2016.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images**: an introduction. New York: John Wiley & Sons, 1999, 292p.

MATSUOKA, J. V.; HAERTEL, V. F. A. Investigação do processo de segmentação multiresolução utilizando o critério de ponderação de formas e cores aplicadas às imagens de áreas urbanas de alta resolução espacial do satélite Ikonos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 589-596. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.11.19>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MELGANI, F.; BRUZZONE, L. Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 42, n. 8, p. 1778-1790, 2004.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Aritmética de Bandas In: ____ **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UNB, 2012, 266p.

MENESES, P. R. Modelos de Cores Aplicados às Imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UNB, 2012, 266p.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UNB, 2012, 266p.

MOREIRA, R.C.; GALVÃO, L.S. Variation in spectral shape of urban materials **Remote Sensing Letters**, v. 1, n. 3, p. 149-158, 2010. DOI: 10.1080/01431161003692032. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431161003692032>. Acesso em: 14 jul. 2015.

NAKAHORI, A. A. G.; **Geração e avaliação de ortoimagem ALOS/PRISM 1 B1. Estudo de caso para São Gabriel-RS**. 2010. 136 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2010.

OKUJENI, A.; VAN DER LINDEN, S.; JAKIMOW, B.; RABE, A.; VERRELST, J.; HOSTERT, P. A Comparison of Advanced Regression Algorithms for Quantifying Urban Land Cover. **Remote Sensing**, v.6, n.7, p.6324-6346, 2014.

OLTRA-CARRIO, R.; BRIOTTET, X.; BONHOMME, M. Impact of spatial and spectral resolutions on the classification of urban areas. In. URBAN REMOTE SENSING EVENT (JURSE), 2015, Lausanne, Suíça. **Proceedings…** Suíça: IEEE, 2015. p.1-4. DOI 10.1109/JURSE.2015.7120509 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7120509&isnumber=7120346>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

PANTALEÃO, E.; SCOFIELD, G. B. Comparação entre medidas de acurácia de classificação para imagens do satélite ALOS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7039-7046. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15971-PRE/10580). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.26>. Acesso em: 20 jan. 2016.

PINHO, C. M. D.; FONSECA, L. M. G.; KORTING T. S.; ALMEIDA, C. M.; KUX, H. J. H. Land-cover classification of an intra-urban environment using high-resolution images and object-based image analysis. **International Journal of Remote Sensing**. v. 33, n. 19, p. 5973-5995. 2012.

PONTIUS JR, R. G.; MILLONES, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 15, p. 4407-4429, 2011.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010, 127p.

QUINLAN, J. R. **C4.5:** programs for machine learning. San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers, 1993, 300p.

REINARTZ, P.; MÜLLER, R.; SCHWIND,P.; SURI, S.; BAMLER, R. Orthorectification of VHR optical satellite data exploiting the geometric accuracy of TerraSAR-X data **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 66, n. 1, p. 124-132, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271610000948>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

RENNÓ, C. D. **Estatística:** Aplicação ao Sensoriamento Remoto Avaliação de Classificação. São José dos Campos: INPE, 2015. 45 transparências. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~camilo/estatistica/pdf/15AvalClass.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

RIBEIRO, S. R. A.; CENTENO, J. A. S. Integração de imagens digitais, dados gamaespectrométricos e complementares a fim de separar unidades geológicas 49 utilizando redes neurais artificiais e uma abordagem baseada na análise de regiões. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3571-3578. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.16.59/doc/3571.pdf>. Acesso em: 10 Março. 2014.

RIBEIRO, B. M. G.; FONSECA, L. M. G. Urban Land Cover Classification using WorldView-2 Images and C4.5 Algorithm. In: URBAN REMOTE SENSING EVENT (JURSE), 2013, São Paulo. **Proceedings…** p. 250-253. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6550712&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6550712>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

RICHARDSON, A. J.; WIEGAND, C. Distinguishing vegetation from soil background information. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 43, p. 1541-1552, 1977.

ROSSITER, D. G. **Technical note**: statistical methods for accuracy assesment of classified thematic maps. Enschede: International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC), 2004. 46p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/David_Rossiter/publication/228802780_Technical_Note_Statistical_methods_for_accuracy_assesment_of_classified_thematic_maps/links/0046352ad65bed17ad000000.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation.** Greenbelt: NASA/GSFC, 1974. 371 p. Disponível em: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19750020419.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

RUSMINI, M.; CANDIANI, G.; FRASSY, F.; MAIANTI, P.; MARCHESI, A.; NODARI, F.R.; DINI, L.; GIANINETTO, M. High-resolution SAR and high-resolution optical data integration for sub-urban land-cover classification. In. IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012, Munich. **Proceedings…** Munich:IEEE, 2012. p.4986-4989. DOI 0.1109/IGARSS.2012.6352492. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6352492&isnumber=6350328>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

SARKAR, A.; GARG, R. D.; SHARMA, N. RS-GIS Based Assessment of River Dynamics of Brahmaputra River in India. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 4, n. 02, p. 63-72, 2012.

SHAFRI, H.Z.M; HAMEDIANFAR, A. Mapping of Intra-Urban Land Covers Using Pixel-Based and Object-Based Classifications from Airborne Hyperspectral Imagery. In. CONFERENCE ON INFORMATION SCIENCE AND SECURITY (ICISS), n.2, 2015, Seoul, Korea. **Proceedings...** Korea: IEEE, 2015. p.1-4. DOI 10.1109/ICISSEC.2015.7371017. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7371017&isnumber=7370954>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review**, v. 5, n. 1, p. 3-55, 2001.

SHIPPERT, P. Why use hyperspectral imagery? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 70, n. 4, p. 377-396, 2004.

STREHER, A. S. **Ocorrência e remoção dos efeitos de sunglint em imagens hiperespectrais de alta resolução espacial do sensor SpecTIR**. 2013. 107 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/04.01.23.08-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José

dos Campos, 2013. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DR968E>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, M. P. S.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; SOUZA, R. C. M. Remote Sensing Image Mining: Detecting Agents of Land Use Change in Tropical Forest Areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 16, p. 4803-4822, 2008.

SONG, C.; WOODCOCK, C.E.; SETO, K.C.; PAX-LENNEY, M..; MACOMBER, S.A. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of Environment**, v. 75, p. 230-244, 2001.

TAHERZADEH, E.; SHAFRI, H.Z.M. Using hyperspectral remote sensing data in urban mapping over Kuala Lumpur. In: URBAN REMOTE SENSING EVENT (JURSE), 2011, Munich, Germany. **Procedings…** Munich, 2011. p.405-408. DOI 10.1109/JURSE.2011.5764805. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5764805&isnumber=5764698>. Acesso em: 20 jan. 2016.

TAHERZADEH, E.; SHAFRI, H.Z.M; SOLTANIC, S. H. K.; MANSOR, S.; ASHUROVA R. A comparison of hyperspectral data and WORLDVIEW-2 IMAGES to detect impervious surface. In: ASPRS ANNUAL CONFERENCE, 2012, Sacramento, USA. **Procedings…** Sacramento, 2012. Disponível em: < http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/Sacramento2012/files/Taherzadeh_2(oral).pdf >. Acesso em: 20 jan. 2016.

TONG, X; XIE, H; WENG, Q. Urban Land Cover Classification With Airborne Hyperspectral Data: What Features to Use?. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v.7, n.10, p.3998-4009, 2014. DOI 10.1109/JSTARS.2013.2272212 Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6566095&isnumber=6994884> Acesso em: 20 jan. 2016.

TSO, B.; MATHER, P. **Classification methods for remotely sensed data.** 2 ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2009. 356 p. ISBN (978-1-4200-9072-7).

WALTON, J. T. Subpixel urban land cover estimation: comparing cubist, random forests, and support vector regression. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 74, n. 10, p. 1213-1222, 2008.

WANG M.; GAO K.; WANG L.; MIU X. A Novel Hyperspectral Classification Method Based on C5.0 Decision Tree of Multiple Combined Classifiers. In: FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL AND INFORMATION SCIENCES (ICCIS), 2012, Chongqing, China. **Proceedings…** Chongqing, 2012. p. 373-376. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6300514&isnumber=6299898>. Acesso em: 29 ago. 2013.

WANG, Y. Y.; LI, J. Feature-selection ability of the decision-tree algorithm and the impact of feature-selection/extraction on decision-tree results based on hyperspectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 10, p. 2993-3010, 2008.

WEBER, R.A.; O'CONNELL, K.M. **Alternative futures:** United States Commercial satellite imagery in 2020. Washington: Innovative analytics & training, 2011. 111 p. Disponível em: <http://www2.gwu.edu/~nsarchiv/NSAEBB/NSAEBB404/docs/37.pdf> Acesso em: 29 ago. 2013.

WITTEN, I. H.; FRANK, H. **Data mining:** practical machine learning tools and techniques with java implementations. 2 ed. San Francisco: Morgan Kaufman, 2005. 525 p. ISBN (0-12-088407-0).

WRIGHT, C. V. P.; RILEY, D. N.; PEPPIN, W. A.; SCHULENBURG, N. W. **Mineral exploration in the western United States using visible – short wave infrared and a mid wave – long wave infrared hyperspectral imagers**: Joint Airborne Collection using Hyperspectral Systems (JACHS). Reno: SpecTIR Corporation, 2011. 5 p. Disponível em: <http://www.spectir.com/wp-content/uploads/2012/02/ProSpecTIR_SEBASS_Mineral_Exploration_Collect.pdf > Acesso em: 20 jan. 2016.

YANG, H.; QIAN D.; GENSHE C. Particle swarm optimization-based hyperspectral dimensionality reduction for urban land cover classification. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**. v.5, n.2, p.544-554, 2012.

APÊNDICE A - ÁRVORES DE DECISÃO PARA CENA WORLDVIEW-2

Este Apêndice apresenta as árvores de decisão implementadas durante o trabalho. Para total compreensão deste Apêndice consulte a lista de siglas e abreviaturas no início do documento.

A.1 Nível de Detalhamento 1

A.1.1 Árvore C.45

```
MNF2 <= 22.720777
|   AC17 <= -1274.496563
|   |   AC21 <= 0.084733
|   |   |   AC1 <= 0.674507
|   |   |   |   AC14 <= 0.123443
|   |   |   |   |   MDA <= -7.369825: Solo_Exposto (2.0)
|   |   |   |   |   MDA > -7.369825
|   |   |   |   |   |   SAVI <= 0.134443: Pav_Nao_Viaria (12.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   SAVI > 0.134443: Coberturas_Diversas (6.0)
|   |   |   |   AC14 > 0.123443
|   |   |   |   |   MNF1 <= 47.144353
|   |   |   |   |   |   MNF1 <= 39.751554
|   |   |   |   |   |   |   AC2 <= 0.644939
|   |   |   |   |   |   |   |   AC6 <= -19804.08782
|   |   |   |   |   |   |   |   |   MDA <= -6.289481: Solo_Exposto (3.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   MDA > -6.289481: Pav_Viaria (2.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC6 > -19804.08782: Solo_Exposto (10.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC2 > 0.644939: Pav_Viaria (5.0)
|   |   |   |   |   |   MNF1 > 39.751554
|   |   |   |   |   |   |   B 1 <= 11418.88235
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 <= -0.333383
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC21 <= 0.058336: Ceramica (13.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC21 > 0.058336: Solo_Exposto (3.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 > -0.333383: Solo_Exposto (4.0)
|   |   |   |   |   |   |   B 1 > 11418.88235
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 <= 0.544752: Ceramica (9.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 > 0.544752
|   |   |   |   |   |   |   |   |   SAVI <= 0.152281
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC22 <= -0.020198: Coberturas_Diversas (3.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC22 > -0.020198: Pav_Viaria (4.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   SAVI > 0.152281: Coberturas_Diversas (11.0)
|   |   |   |   |   MNF1 > 47.144353
|   |   |   |   |   |   SAVI <= 0.0779: Coberturas_Diversas (2.0)
|   |   |   |   |   |   SAVI > 0.0779: Pav_Viaria (22.0)
```

```
| | | AC1 > 0.674507
| | | | B 2 <= 9806.940299
| | | | | AC17 <= -2373.310764
| | | | | | SAVI <= 0.210156: Carvao_Coque (2.0)
| | | | | | SAVI > 0.210156: Ceramica (2.0)
| | | | | AC17 > -2373.310764
| | | | | | MDA <= -4.287802: Lago (4.0)
| | | | | | MDA > -4.287802: Coberturas_Diversas (15.0)
| | | | B 2 > 9806.940299
| | | | | AC1 <= 0.843405
| | | | | | MDA <= 2.275013
| | | | | | | MNF1 <= 36.604668
| | | | | | | | AC22 <= -0.001699: Pav_Viaria (4.0/1.0)
| | | | | | | | AC22 > -0.001699: Coberturas_Diversas (16.0)
| | | | | | | MNF1 > 36.604668
| | | | | | | | MNF1 <= 39.520949
| | | | | | | | | AC1 <= 0.753079
| | | | | | | | | | B 1 <= 11460.77778: Pav_Viaria (5.0)
| | | | | | | | | | B 1 > 11460.77778
| | | | | | | | | | | AC15 <= 0.735141
| | | | | | | | | | | | MNF1 <= 37.421644: Coberturas_Diversas (2.0)
| | | | | | | | | | | | MNF1 > 37.421644: Pav_Viaria (7.0/1.0)
| | | | | | | | | | | AC15 > 0.735141: Coberturas_Diversas (10.0)
| | | | | | | | | AC1 > 0.753079: Pav_Viaria (65.0/3.0)
| | | | | | | | MNF1 > 39.520949
| | | | | | | | | AC19 <= -0.218366: Coberturas_Diversas (18.0)
| | | | | | | | | AC19 > -0.218366
| | | | | | | | | | MDA <= -3.072168: Coberturas_Diversas (4.0/1.0)
| | | | | | | | | | MDA > -3.072168: Pav_Viaria (8.0)
| | | | | | MDA > 2.275013: Coberturas_Diversas (35.0)
| | | | | AC1 > 0.843405
| | | | | | SAVI <= 0.177865: Coberturas_Metalicas (4.0)
| | | | | | SAVI > 0.177865: Coberturas_Diversas (2.0)
| | AC21 > 0.084733
| | | AC2 <= 0.709626: Vegetacao_Rasteira (17.0/1.0)
| | | AC2 > 0.709626: Coberturas_Diversas (3.0/1.0)
| AC17 > -1274.496563
| | SAVI <= 0.372078: Sombra (23.0/1.0)
| | SAVI > 0.372078: Vegetacao_Arborea (19.0)
MNF2 > 22.720777
| MDA <= -2.964889
| | AC2 <= 0.75371
| | | AC22 <= -0.027998: Pav_Nao_Viaria (4.0)
| | | AC22 > -0.027998: Pav_Viaria (4.0)
| | AC2 > 0.75371
| | | AC21 <= -0.007487
```

```
|   |   |   |   B 3 <= 22971.98113: Coberturas_Metalicas (3.0)
|   |   |   |   B 3 > 22971.98113: Piscina (7.0/1.0)
|   |   |   AC21 > -0.007487
|   |   |   |   MDA <= -4.287802: Piscina (2.0)
|   |   |   |   MDA > -4.287802: Coberturas_Diversas (24.0)
|   MDA > -2.964889
|   |   NDVI <= 0.100696
|   |   |   AC4 <= -10194.82384: Coberturas_Diversas (5.0)
|   |   |   AC4 > -10194.82384
|   |   |   |   AC20 <= 0.035943: Coberturas_Metalicas (85.0/1.0)
|   |   |   |   AC20 > 0.035943
|   |   |   |   |   MNF1 <= 45.632029
|   |   |   |   |   |   B 2 <= 19718.83784: Coberturas_Metalicas (50.0)
|   |   |   |   |   |   B 2 > 19718.83784
|   |   |   |   |   |   |   AC17 <= -5626.576652
|   |   |   |   |   |   |   |   AC20 <= 0.0544: Coberturas_Metalicas (17.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC20 > 0.0544: Coberturas_Diversas (11.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC17 > -5626.576652: Coberturas_Metalicas (9.0/1.0)
|   |   |   |   |   MNF1 > 45.632029: Coberturas_Diversas (4.0)
|   |   NDVI > 0.100696: Coberturas_Diversas (9.0)
```

Tamanho da Árvore: 101

A.1.2 Árvores Random Forest

Árvore 1

```
AC13 < 0.13
|   AC20 < 0.06
|   |   SAVI < 0.1
|   |   |   AC15 < 0.62 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   AC15 >= 0.62
|   |   |   |   AC18 < -6731.41
|   |   |   |   |   AC3 < -8564.7 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   AC3 >= -8564.7 : Coberturas_Metalicas (123/0)
|   |   |   |   AC18 >= -6731.41
|   |   |   |   |   AC6 < -23663 : Coberturas_Metalicas (1/0)
|   |   |   |   |   AC6 >= -23663 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   SAVI >= 0.1
|   |   |   AC18 < -13209.85 : Coberturas_Diversas (11/0)
|   |   |   AC18 >= -13209.85
|   |   |   |   NDVI < 0.08 : Pav_Nao_Viaria (5/0)
|   |   |   |   NDVI >= 0.08 : Coberturas_Metalicas (1/0)
|   AC20 >= 0.06
|   |   B 8 < 24003.09
|   |   |   MDA < -2.02
|   |   |   |   B 1 < 15787.72
|   |   |   |   |   AC22 < -0.01 : Pav_Viaria (10/0)
|   |   |   |   |   AC22 >= -0.01
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.13 : Coberturas_Metalicas (1/0)
|   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.13
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.09 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.09 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   B 1 >= 15787.72
|   |   |   |   |   AC22 < 0.02
|   |   |   |   |   |   AC8 < 0.85
|   |   |   |   |   |   |   AC22 < 0 : Coberturas_Metalicas (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC22 >= 0 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC8 >= 0.85 : Piscina (2/0)
|   |   |   |   |   AC22 >= 0.02 : Piscina (9/0)
|   |   |   MDA >= -2.02
|   |   |   |   AC11 < 0.91
|   |   |   |   |   AC9 < 1.01 : Coberturas_Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   AC9 >= 1.01 : Coberturas_Metalicas (43/0)
|   |   |   |   AC11 >= 0.91
|   |   |   |   |   NDVI < 0.06
|   |   |   |   |   |   AC12 < 1.11 : Coberturas_Metalicas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC12 >= 1.11 : Coberturas_Diversas (8/0)
```

```
| | | | | NDVI >= 0.06 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| | B 8 >= 24003.09 : Coberturas_Diversas (24/0)
AC13 >= 0.13
| B 1 < 10197.69
| | AC19 < -0.45 : Vegetacao_Arborea (22/0)
| | AC19 >= -0.45
| | | AC16 < 0.91
| | | | SAVI < 0.31 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | SAVI >= 0.31 : Vegetacao_Rasteira (4/0)
| | | AC16 >= 0.91 : Sombra (17/0)
| B 1 >= 10197.69
| | AC14 < 0.21
| | | AC16 < 0.61
| | | | AC19 < -0.21
| | | | | B 7 < 30202
| | | | | | AC15 < 0.6 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | | AC15 >= 0.6 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | B 7 >= 30202 : Ceramica (5/0)
| | | | AC19 >= -0.21
| | | | | AC21 < 0.02
| | | | | | B 4 < 20668.76
| | | | | | | NDVI < 0.09 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
| | | | | | | NDVI >= 0.09 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | B 4 >= 20668.76 : Pav_Nao_Viaria (8/0)
| | | | | AC21 >= 0.02 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | AC16 >= 0.61
| | | | B 8 < 14919.05
| | | | | AC14 < 0.19 : Pav_Viaria (34/0)
| | | | | AC14 >= 0.19
| | | | | | AC16 < 0.97 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | | AC16 >= 0.97 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | B 8 >= 14919.05
| | | | | MDA < -1.94
| | | | | | AC1 < 0.74
| | | | | | | AC9 < 0.92 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | AC9 >= 0.92
| | | | | | | | AC12 < 0.77
| | | | | | | | | AC1 < 0.65 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | AC1 >= 0.65
| | | | | | | | | | AC12 < 0.76 : Coberturas_Diversas (11/0)
| | | | | | | | | | AC12 >= 0.76 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | AC12 >= 0.77 : Coberturas_Diversas (16/0)
| | | | | | AC1 >= 0.74
| | | | | | | AC17 < -3058.42
| | | | | | | | AC17 < -5665.4 : Pav_Viaria (10/0)
| | | | | | | | AC17 >= -5665.4
```

```
| | | | | | | | | NDVI < 0.12
| | | | | | | | | | AC15 < 0.76
| | | | | | | | | | | AC2 < 0.8
| | | | | | | | | | | | AC9 < 0.95
| | | | | | | | | | | | | AC22 < 0.01 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | | | AC22 >= 0.01 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | | | AC9 >= 0.95 : Coberturas_Diversas (11/0)
| | | | | | | | | | | AC2 >= 0.8 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | | | | AC15 >= 0.76 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | | | NDVI >= 0.12
| | | | | | | | | | AC21 < 0.04 : Pav_Viaria (15/0)
| | | | | | | | | | AC21 >= 0.04 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | AC17 >= -3058.42 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | | MDA >= -1.94
| | | | | | AC6 < -15979.32 : Coberturas_Diversas (26/0)
| | | | | | AC6 >= -15979.32
| | | | | | | AC12 < 0.73 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | | | | AC12 >= 0.73
| | | | | | | | AC22 < 0.05 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | | | | | | AC22 >= 0.05 : Pav_Viaria (1/0)
| | AC14 >= 0.21
| | | NDVI < 0.15
| | | | AC10 < 0.97
| | | | | B 5 < 15957.13
| | | | | | AC13 < 0.33
| | | | | | | AC8 < 0.7 : Carvao_Coque (1/0)
| | | | | | | AC8 >= 0.7 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | AC13 >= 0.33 : Ceramica (8/0)
| | | | | B 5 >= 15957.13
| | | | | | SAVI < 0.18
| | | | | | | AC4 < -7238.58 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | AC4 >= -7238.58 : Coberturas_Diversas (7/0)
| | | | | | SAVI >= 0.18
| | | | | | | AC20 < 0.14 : Solo_Exposto (15/0)
| | | | | | | AC20 >= 0.14
| | | | | | | | SAVI < 0.2 : Ceramica (1/0)
| | | | | | | | SAVI >= 0.2 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | AC10 >= 0.97
| | | | | B 3 < 15115.28
| | | | | | AC11 < 0.5
| | | | | | | B 7 < 22807.34 : Ceramica (1/0)
| | | | | | | B 7 >= 22807.34 : Pav_Viaria (25/0)
| | | | | | AC11 >= 0.5
| | | | | | | AC19 < -0.31 : Ceramica (3/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.31 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | B 3 >= 15115.28 : Solo_Exposto (3/0)
```

```
| | | NDVI >= 0.15
| | | | B 8 < 16070.75
| | | | | Brightness < -5.09 : Lago (4/0)
| | | | | Brightness >= -5.09 : Coberturas_Diversas (22/0)
| | | | B 8 >= 16070.75
| | | | | AC3 < -4972.37 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | AC3 >= -4972.37 : Vegetacao_Rasteira (9/0)
```

Tamanho da Árvore:141

Árvore 2

```
AC19 < -0.14
|   AC14 < 0.25
|   |   AC3 < -5934.27
|   |   |   AC14 < 0.14
|   |   |   |   AC9 < 1.02
|   |   |   |   |   AC9 < 1.01
|   |   |   |   |   |   AC10 < 1.04 : Coberturas_Diversas (10/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 1.04
|   |   |   |   |   |   |   AC9 < 0.95 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC9 >= 0.95 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   AC9 >= 1.01 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   AC9 >= 1.02
|   |   |   |   |   AC11 < 0.66 : Coberturas_Diversas (4/0)
|   |   |   |   |   AC11 >= 0.66
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.13 : Pav_Nao_Viaria (16/0)
|   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.13 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   AC14 >= 0.14
|   |   |   |   AC21 < -0.01
|   |   |   |   |   B 2 < 13716.98
|   |   |   |   |   |   AC4 < -8130.29 : Pav_Viaria (10/0)
|   |   |   |   |   |   AC4 >= -8130.29 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   B 2 >= 13716.98
|   |   |   |   |   |   AC21 < -0.05 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.05 : Ceramica (3/0)
|   |   |   |   AC21 >= -0.01
|   |   |   |   |   AC1 < 0.64
|   |   |   |   |   |   AC6 < -18803.52
|   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.15 : Solo_Exposto (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.15 : Coberturas_Diversas (8/0)
|   |   |   |   |   |   AC6 >= -18803.52 : Solo_Exposto (8/0)
|   |   |   |   |   AC1 >= 0.64
|   |   |   |   |   |   AC19 < -0.3 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.3 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   AC3 >= -5934.27
|   |   |   AC14 < 0.2
|   |   |   |   MDA < 1.18
|   |   |   |   |   B 7 < 19323.73 : Pav_Viaria (40/0)
|   |   |   |   |   B 7 >= 19323.73
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.06
|   |   |   |   |   |   |   AC1 < 0.75
|   |   |   |   |   |   |   |   AC12 < 0.7 : Pav_Viaria (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC12 >= 0.7
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC8 < 0.81
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC20 < 0.15 : Coberturas_Diversas (13/0)
```

```
| | | | | | | | | | AC20 >= 0.15
| | | | | | | | | | | AC20 < 0.15 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | | | AC20 >= 0.15 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | | AC8 >= 0.81 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | AC1 >= 0.75
| | | | | | | | AC15 < 0.81
| | | | | | | | | AC15 < 0.73 : Pav_Viaria (17/0)
| | | | | | | | | AC15 >= 0.73
| | | | | | | | | | AC5 < -22516.25
| | | | | | | | | | | AC20 < 0.13 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | | AC20 >= 0.13 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | AC5 >= -22516.25 : Pav_Viaria (11/0)
| | | | | | | | AC15 >= 0.81 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | AC22 >= 0.06 : Coberturas_Diversas (10/0)
| | | | MDA >= 1.18
| | | | | SAVI < 0.17 : Coberturas_Metalicas (4/0)
| | | | | SAVI >= 0.17
| | | | | | AC5 < -18277.72 : Coberturas_Diversas (16/0)
| | | | | | AC5 >= -18277.72
| | | | | | | AC3 < -2820.9 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | AC3 >= -2820.9
| | | | | | | | AC22 < 0.09 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | | | | | AC22 >= 0.09 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | AC14 >= 0.2
| | | | AC15 < 0.79
| | | | | AC18 < -2240.46
| | | | | | AC21 < 0.04 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | AC21 >= 0.04 : Pav_Viaria (6/0)
| | | | | AC18 >= -2240.46 : Carvao_Coque (5/0)
| | | | AC15 >= 0.79
| | | | | SAVI < 0.24 : Coberturas_Diversas (30/0)
| | | | | SAVI >= 0.24
| | | | | | AC19 < -0.34 : Lago (1/0)
| | | | | | AC19 >= -0.34 : Sombra (1/0)
| AC14 >= 0.25
| | AC17 < -1997.75
| | | AC9 < 0.85 : Vegetacao_Rasteira (19/0)
| | | AC9 >= 0.85
| | | | AC10 < 1.01
| | | | | AC7 < 0.74
| | | | | | NDVI < 0.16 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | NDVI >= 0.16 : Ceramica (3/0)
| | | | | AC7 >= 0.74 : Ceramica (14/0)
| | | | AC10 >= 1.01 : Pav_Viaria (18/0)
| | AC17 >= -1997.75
| | | AC9 < 0.76 : Vegetacao_Arborea (15/0)
```

```
| | | AC9 >= 0.76
| | | | AC17 < -1220.88 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | AC17 >= -1220.88 : Sombra (23/0)
AC19 >= -0.14
| AC8 < 0.9
| | AC6 < -24762.64
| | | AC8 < 0.89 : Coberturas_Diversas (36/0)
| | | AC8 >= 0.89 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
| | AC6 >= -24762.64
| | | B 1 < 16546.07
| | | | MDA < -1.7
| | | | | AC5 < -23882.63 : Pav_Viaria (13/0)
| | | | | AC5 >= -23882.63
| | | | | | SAVI < 0.13
| | | | | | | AC21 < -0.02 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| | | | | | | AC21 >= -0.02 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.13 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | MDA >= -1.7
| | | | | AC5 < -26681.21
| | | | | | SAVI < 0.16 : Coberturas_Metalicas (7/0)
| | | | | | SAVI >= 0.16 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | AC5 >= -26681.21 : Coberturas_Metalicas (33/0)
| | | B 1 >= 16546.07
| | | | AC17 < 993.41
| | | | | AC4 < -4185.83
| | | | | | AC13 < 0.06 : Coberturas_Metalicas (5/0)
| | | | | | AC13 >= 0.06
| | | | | | | SAVI < 0.12 : Piscina (1/0)
| | | | | | | SAVI >= 0.12
| | | | | | | | AC19 < -0.09 : Piscina (1/0)
| | | | | | | | AC19 >= -0.09 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | AC4 >= -4185.83
| | | | | | AC7 < 0.89
| | | | | | | AC17 < -2903.25
| | | | | | | | AC5 < -28162.21 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | AC5 >= -28162.21
| | | | | | | | | AC17 < -5102.69 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | AC17 >= -5102.69 : Coberturas_Metalicas (10/0)
| | | | | | | AC17 >= -2903.25 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | | | AC7 >= 0.89 : Coberturas_Diversas (10/0)
| | | | AC17 >= 993.41 : Piscina (6/0)
| AC8 >= 0.9
| | AC21 < 0 : Coberturas_Metalicas (105/0)
| | AC21 >= 0 : Coberturas_Diversas (3/0)

Tamanho da Árvore:135
```

Árvore 3

```
AC13 < 0.14
|   MDA < -1.37
|   |   AC1 < 0.8
|   |   |   AC1 < 0.7 : Pav_Nao_Viaria (5/0)
|   |   |   AC1 >= 0.7
|   |   |   |   NDVI < 0.09
|   |   |   |   |   AC1 < 0.73 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   AC1 >= 0.73 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   NDVI >= 0.09 : Pav_Viaria (5/0)
|   |   AC1 >= 0.8
|   |   |   MNF1 < 44.55
|   |   |   |   AC1 < 0.83 : Piscina (1/0)
|   |   |   |   AC1 >= 0.83 : Coberturas_Metalicas (7/0)
|   |   |   MNF1 >= 44.55
|   |   |   |   AC22 < 0.03
|   |   |   |   |   AC22 < -0.05 : Coberturas_Metalicas (1/0)
|   |   |   |   |   AC22 >= -0.05 : Coberturas_Diversas (30/0)
|   |   |   |   AC22 >= 0.03 : Piscina (2/0)
|   MDA >= -1.37
|   |   AC21 < 0.01
|   |   |   AC13 < 0.04
|   |   |   |   MDA < -0.68 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   MDA >= -0.68
|   |   |   |   |   AC21 < -0.06
|   |   |   |   |   |   AC19 < -0.01 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.01
|   |   |   |   |   |   |   AC17 < -14646.38 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC17 >= -14646.38 : Coberturas_Metalicas (17/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= -0.06 : Coberturas_Metalicas (92/0)
|   |   |   AC13 >= 0.04
|   |   |   |   AC5 < -29308.87
|   |   |   |   |   AC22 < -0.02
|   |   |   |   |   |   AC13 < 0.06 : Coberturas_Metalicas (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC13 >= 0.06 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   |   AC22 >= -0.02 : Coberturas_Diversas (6/0)
|   |   |   |   AC5 >= -29308.87
|   |   |   |   |   AC14 < -0.04
|   |   |   |   |   |   AC15 < 0.75 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.75
|   |   |   |   |   |   |   MNF2 < 43.44 : Coberturas_Metalicas (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF2 >= 43.44 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   AC14 >= -0.04
|   |   |   |   |   |   AC7 < 0.82 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC7 >= 0.82 : Coberturas_Metalicas (38/0)
```

```
| | AC21 >= 0.01 : Coberturas_Diversas (10/0)
AC13 >= 0.14
| AC17 < -1213.02
| | AC10 < 0.84
| | | AC5 < -19426.56 : Vegetacao_Rasteira (15/0)
| | | AC5 >= -19426.56
| | | | AC3 < -3677.68 : Ceramica (3/0)
| | | | AC3 >= -3677.68
| | | | | AC5 < -17049.85 : Coberturas_Diversas (36/0)
| | | | | AC5 >= -17049.85
| | | | | | AC14 < 0.25 : Lago (4/0)
| | | | | | AC14 >= 0.25 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | AC10 >= 0.84
| | | AC12 < 0.61
| | | | B 1 < 11641.49
| | | | | MNF1 < 39.76
| | | | | | AC21 < 0.05 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | | AC21 >= 0.05
| | | | | | | AC15 < 0.73 : Vegetacao_Rasteira (1/0)
| | | | | | | AC15 >= 0.73 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | MNF1 >= 39.76
| | | | | | B 8 < 17024.26 : Ceramica (10/0)
| | | | | | B 8 >= 17024.26
| | | | | | | AC22 < 0.03 : Ceramica (9/0)
| | | | | | | AC22 >= 0.03 : Solo_Exposto (4/0)
| | | | B 1 >= 11641.49 : Pav_Viaria (23/0)
| | | AC12 >= 0.61
| | | | AC4 < -6808.44
| | | | | B 6 < 20567.61 : Solo_Exposto (9/0)
| | | | | B 6 >= 20567.61
| | | | | | Brightness < -4.56
| | | | | | | AC19 < -0.23 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.23 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | Brightness >= -4.56
| | | | | | | AC6 < -21426.19
| | | | | | | | AC2 < 0.53 : Ceramica (2/0)
| | | | | | | | AC2 >= 0.53
| | | | | | | | | AC9 < 1 : Coberturas_Diversas (14/0)
| | | | | | | | | AC9 >= 1
| | | | | | | | | | AC11 < 0.65 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | | | | | | AC11 >= 0.65 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
| | | | | | | AC6 >= -21426.19 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
| | | | AC4 >= -6808.44
| | | | | Brightness < 2.92
| | | | | | B 7 < 18344.06 : Pav_Viaria (28/0)
| | | | | | B 7 >= 18344.06
```

```
| | | | | | | AC13 < 0.22
| | | | | | | | AC21 < 0
| | | | | | | | | SAVI < 0.15 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | | SAVI >= 0.15
| | | | | | | | | | AC20 < 0.13 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | | | | | | AC20 >= 0.13 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | | | AC21 >= 0
| | | | | | | | | AC17 < -2611.18
| | | | | | | | | | AC16 < 0.79
| | | | | | | | | | | MNF1 < 36.95 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | | | | | | | | MNF1 >= 36.95
| | | | | | | | | | | | AC22 < 0.06
| | | | | | | | | | | | | MDA < -3.26
| | | | | | | | | | | | | | MDA < -4.2
| | | | | | | | | | | | | | | AC12 < 0.85 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | | | | | | AC12 >= 0.85 : Pav_Viaria (8/0)
| | | | | | | | | | | | | | MDA >= -4.2
| | | | | | | | | | | | | | | AC17 < -4113.21 : Coberturas_Diversas
(4/0)
| | | | | | | | | | | | | | | AC17 >= -4113.21 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | | | | | MDA >= -3.26 : Pav_Viaria (19/0)
| | | | | | | | | | | | AC22 >= 0.06 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | AC16 >= 0.79 : Pav_Viaria (13/0)
| | | | | | | | | AC17 >= -2611.18 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | AC13 >= 0.22
| | | | | | | | MNF1 < 39.61
| | | | | | | | | B 1 < 11876.88
| | | | | | | | | MNF1 < 38.01
| | | | | | | | | | AC22 < 0.05
| | | | | | | | | | | AC19 < -0.24 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | | | | | | AC19 >= -0.24 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | AC22 >= 0.05 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | MNF1 >= 38.01 : Pav_Viaria (11/0)
| | | | | | | | | B 1 >= 11876.88 : Coberturas_Diversas (11/0)
| | | | | | | | MNF1 >= 39.61 : Coberturas_Diversas (22/0)
| | | | | Brightness >= 2.92 : Coberturas_Diversas (16/0)
| AC17 >= -1213.02
| | AC16 < 0.97 : Vegetacao_Arborea (28/0)
| | AC16 >= 0.97
| | | AC8 < 0.63 : Sombra (19/0)
| | | AC8 >= 0.63 : Coberturas_Metalicas (2/0)
```

Tamanho da Árvore:131

Árvore 4

```
MNF2 < 23.46
|   AC15 < 0.9
|   |   AC3 < -5665.98
|   |   |   AC14 < 0.12
|   |   |   |   AC4 < -8228.39
|   |   |   |   |   AC8 < 0.86
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.01 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.01 : Coberturas_Diversas (6/0)
|   |   |   |   |   AC8 >= 0.86
|   |   |   |   |   |   AC17 < -9561.81 : Pav_Nao_Viaria (17/0)
|   |   |   |   |   |   AC17 >= -9561.81 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   AC4 >= -8228.39
|   |   |   |   |   B 1 < 13641.47 : Coberturas_Diversas (10/0)
|   |   |   |   |   B 1 >= 13641.47 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   AC14 >= 0.12
|   |   |   |   AC15 < 0.57
|   |   |   |   |   AC10 < 1.01 : Ceramica (6/0)
|   |   |   |   |   AC10 >= 1.01
|   |   |   |   |   |   AC3 < -13450.06 : Ceramica (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC3 >= -13450.06
|   |   |   |   |   |   |   AC16 < 0.51
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 < -0.02 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 >= -0.02 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.51
|   |   |   |   |   |   |   |   B 5 < 21473.73 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 5 >= 21473.73 : Pav_Viaria (23/0)
|   |   |   |   AC15 >= 0.57
|   |   |   |   |   AC19 < -0.33
|   |   |   |   |   |   B 6 < 18410.13
|   |   |   |   |   |   |   AC4 < -6081.26
|   |   |   |   |   |   |   |   AC8 < 0.78 : Solo_Exposto (9/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC8 >= 0.78 : Ceramica (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC4 >= -6081.26
|   |   |   |   |   |   |   |   Brightness < -6.04 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   Brightness >= -6.04 : Ceramica (7/0)
|   |   |   |   |   |   B 6 >= 18410.13 : Pav_Viaria (4/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.33
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.18
|   |   |   |   |   |   |   AC8 < 0.81
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 < 0.65
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC22 < 0.03 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.03 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.65 : Coberturas_Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC8 >= 0.81
```

```
| | | | | | | | AC18 < -8412.63 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | | | AC18 >= -8412.63
| | | | | | | | | NDVI < 0.09 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | NDVI >= 0.09 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | SAVI >= 0.18 : Pav_Viaria (2/0)
| | AC3 >= -5665.98
| | | AC11 < 0.5
| | | | AC6 < -16328.45
| | | | | AC14 < 0.28 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | AC14 >= 0.28 : Vegetacao_Rasteira (14/0)
| | | | AC6 >= -16328.45
| | | | | MNF1 < 38.82 : Lago (5/0)
| | | | | MNF1 >= 38.82
| | | | | | AC16 < 0.88 : Ceramica (4/0)
| | | | | | AC16 >= 0.88 : Coberturas_Diversas (14/0)
| | | AC11 >= 0.5
| | | | AC9 < 1.01
| | | | | AC10 < 0.84
| | | | | | B 7 < 17030.27
| | | | | | | NDVI < 0.14 : Lago (1/0)
| | | | | | | NDVI >= 0.14 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | B 7 >= 17030.27 : Coberturas_Diversas (22/0)
| | | | | AC10 >= 0.84
| | | | | | B 1 < 11356.95
| | | | | | | B 3 < 9375.27
| | | | | | | | AC17 < -2451.09 : Carvao_Coque (2/0)
| | | | | | | | AC17 >= -2451.09 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | B 3 >= 9375.27
| | | | | | | | AC21 < 0.02 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | AC21 >= 0.02
| | | | | | | | | B 3 < 11117.82 : Pav_Viaria (33/0)
| | | | | | | | | B 3 >= 11117.82
| | | | | | | | | | AC12 < 0.62 : Vegetacao_Rasteira (1/0)
| | | | | | | | | | AC12 >= 0.62 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | B 1 >= 11356.95
| | | | | | | AC14 < 0.2
| | | | | | | | AC14 < 0.19
| | | | | | | | | AC6 < -15795.06
| | | | | | | | | | AC1 < 0.74
| | | | | | | | | | | MNF2 < 3.69 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | MNF2 >= 3.69 : Coberturas_Diversas (21/0)
| | | | | | | | | | AC1 >= 0.74
| | | | | | | | | | | MNF1 < 40.77
| | | | | | | | | | | | MNF1 < 36.87 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | | | | | | | MNF1 >= 36.87
| | | | | | | | | | | | | Brightness < 1.82
```

```
| | | | | | | | | | | | | | Brightness < -3.21
| | | | | | | | | | | | | | | AC14 < 0.06 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | | | | | | | AC14 >= 0.06
| | | | | | | | | | | | | | | | AC21 < 0.01 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | | | | | | | | AC21 >= 0.01 : Coberturas_Diversas
(6/0)
| | | | | | | | | | | | | | Brightness >= -3.21
| | | | | | | | | | | | | | | AC22 < 0.06 : Pav_Viaria (31/0)
| | | | | | | | | | | | | | | AC22 >= 0.06
| | | | | | | | | | | | | | | | AC8 < 0.73 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | | | | | | AC8 >= 0.73 : Coberturas_Diversas
(2/0)
| | | | | | | | | | | | | Brightness >= 1.82 : Coberturas_Diversas
(5/0)
| | | | | | | | | | | MNF1 >= 40.77 : Coberturas_Diversas (11/0)
| | | | | | | | | | AC6 >= -15795.06 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | | | AC14 >= 0.19 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | AC14 >= 0.2 : Coberturas_Diversas (7/0)
| | | | AC9 >= 1.01
| | | | | AC20 < 0.13 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | AC20 >= 0.13 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| AC15 >= 0.9
| | MNF2 < -8.66 : Vegetacao_Arborea (18/0)
| | MNF2 >= -8.66
| | | AC12 < 0.64 : Sombra (23/0)
| | | AC12 >= 0.64 : Coberturas_Metalicas (1/0)
MNF2 >= 23.46
| AC9 < 1.01
| | B 7 < 28761.35
| | | B 2 < 17837.68 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | B 2 >= 17837.68
| | | | NDVI < 0.09 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | NDVI >= 0.09 : Piscina (2/0)
| | B 7 >= 28761.35 : Coberturas_Diversas (35/0)
| AC9 >= 1.01
| | AC17 < -2533.37
| | | MDA < -3.08
| | | | AC15 < 0.7
| | | | | AC19 < -0.11 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
| | | | | AC19 >= -0.11
| | | | | | AC21 < -0.02 : Piscina (1/0)
| | | | | | AC21 >= -0.02 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | AC15 >= 0.7 : Coberturas_Metalicas (5/0)
| | | MDA >= -3.08
| | | | MNF1 < 38.09 : Coberturas_Metalicas (59/0)
| | | | MNF1 >= 38.09
```

```
| | | | | AC15 < 0.64 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | AC15 >= 0.64
| | | | | | AC8 < 0.93
| | | | | | | AC16 < 0.81
| | | | | | | | AC20 < 0.07
| | | | | | | | | AC2 < 0.86
| | | | | | | | | | AC13 < 0.06 : Coberturas_Metalicas (22/0)
| | | | | | | | | | AC13 >= 0.06
| | | | | | | | | | | AC20 < 0.06 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | | AC20 >= 0.06 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | | | | AC2 >= 0.86
| | | | | | | | | | AC18 < -4798.95 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | | | AC18 >= -4798.95 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | | | | | | AC20 >= 0.07 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | | | | AC16 >= 0.81 : Coberturas_Metalicas (23/0)
| | | | | | AC8 >= 0.93 : Coberturas_Metalicas (49/0)
| | AC17 >= -2533.37
| | | NDVI < 0.1 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | NDVI >= 0.1 : Piscina (5/0)
```

Tamanho da Árvore:153

Árvore 5

```
AC19 < -0.12
|   B 2 < 9748.59
|   |   AC9 < 0.81
|   |   |   AC15 < 0.91
|   |   |   |   AC20 < 0.22 : Vegetacao_Rasteira (16/0)
|   |   |   |   AC20 >= 0.22 : Sombra (1/0)
|   |   |   AC15 >= 0.91 : Vegetacao_Arborea (22/0)
|   |   AC9 >= 0.81
|   |   |   AC16 < 1.02
|   |   |   |   AC5 < -17374.43
|   |   |   |   |   AC19 < -0.35 : Ceramica (14/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.35
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.08 : Carvao_Coque (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.08 : Lago (3/0)
|   |   |   |   AC5 >= -17374.43
|   |   |   |   |   MDA < -5.97 : Lago (2/0)
|   |   |   |   |   MDA >= -5.97 : Coberturas_Diversas (8/0)
|   |   |   AC16 >= 1.02 : Sombra (18/0)
|   B 2 >= 9748.59
|   |   AC2 < 0.64
|   |   |   MNF1 < 49.66
|   |   |   |   AC19 < -0.23
|   |   |   |   |   AC8 < 0.85
|   |   |   |   |   |   MNF1 < 40.64
|   |   |   |   |   |   |   AC2 < 0.57 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC2 >= 0.57 : Solo_Exposto (23/0)
|   |   |   |   |   |   MNF1 >= 40.64
|   |   |   |   |   |   |   Brightness < -4.49 : Ceramica (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   Brightness >= -4.49
|   |   |   |   |   |   |   |   Brightness < -1.07 : Coberturas_Diversas (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   Brightness >= -1.07
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC18 < -8638.41 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC18 >= -8638.41 : Ceramica (2/0)
|   |   |   |   |   AC8 >= 0.85
|   |   |   |   |   |   AC16 < 0.52 : Ceramica (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.52 : Coberturas_Diversas (4/0)
|   |   |   |   AC19 >= -0.23
|   |   |   |   |   MDA < -3.68
|   |   |   |   |   |   AC18 < -10249.09 : Coberturas_Diversas (6/0)
|   |   |   |   |   |   AC18 >= -10249.09 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   MDA >= -3.68
|   |   |   |   |   |   AC9 < 0.98 : Coberturas_Diversas (4/0)
|   |   |   |   |   |   AC9 >= 0.98 : Pav_Nao_Viaria (13/0)
|   |   |   MNF1 >= 49.66 : Pav_Viaria (18/0)
```

```
| | AC2 >= 0.64
| | | AC13 < 0.31
| | | | AC1 < 0.84
| | | | | B 8 < 14823.6
| | | | | | AC8 < 0.68
| | | | | | | AC5 < -17068.51
| | | | | | | | AC14 < 0.2
| | | | | | | | | SAVI < 0.21 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | SAVI >= 0.21 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | AC14 >= 0.2 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | AC5 >= -17068.51 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | AC8 >= 0.68 : Pav_Viaria (22/0)
| | | | | B 8 >= 14823.6
| | | | | | MDA < -0.34
| | | | | | | B 8 < 19444.21
| | | | | | | | MNF1 < 37.04 : Coberturas_Diversas (17/0)
| | | | | | | | MNF1 >= 37.04
| | | | | | | | | AC11 < 0.65
| | | | | | | | | | AC3 < -6180.28 : Pav_Viaria (6/0)
| | | | | | | | | | AC3 >= -6180.28
| | | | | | | | | | | AC14 < 0.21
| | | | | | | | | | | | MNF1 < 39.29
| | | | | | | | | | | | | AC18 < -4141 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | | | | | AC18 >= -4141
| | | | | | | | | | | | | | AC3 < -4022.15 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | | | | | | | | | | AC3 >= -4022.15
| | | | | | | | | | | | | | AC7 < 0.78 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | | | | | | AC7 >= 0.78 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | | | MNF1 >= 39.29 : Coberturas_Diversas (16/0)
| | | | | | | | | | | AC14 >= 0.21 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | | AC11 >= 0.65
| | | | | | | | | | AC9 < 0.98
| | | | | | | | | | | AC14 < 0.09
| | | | | | | | | | | | Brightness < -3.52 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | | | | | Brightness >= -3.52 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | AC14 >= 0.09 : Pav_Viaria (6/0)
| | | | | | | | | | AC9 >= 0.98 : Pav_Viaria (10/0)
| | | | | | | B 8 >= 19444.21
| | | | | | | | AC16 < 0.63 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | AC16 >= 0.63
| | | | | | | | | B 2 < 13725.72 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | B 2 >= 13725.72
| | | | | | | | | | MNF1 < 40.38 : Pav_Viaria (26/0)
| | | | | | | | | | MNF1 >= 40.38 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | MDA >= -0.34 : Coberturas_Diversas (30/0)
| | | | AC1 >= 0.84
```

```
| | | | | AC18 < -1837.19
| | | | | | SAVI < 0.16 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.16 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | | AC18 >= -1837.19 : Coberturas_Metalicas (12/0)
| | | AC13 >= 0.31
| | | | NDVI < 0.17
| | | | | AC19 < -0.34 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | AC19 >= -0.34
| | | | | | MDA < -4.73 : Carvao_Coque (1/0)
| | | | | | MDA >= -4.73 : Coberturas_Diversas (19/0)
| | | | NDVI >= 0.17
| | | | | SAVI < 0.28 : Vegetacao_Rasteira (2/0)
| | | | | SAVI >= 0.28 : Lago (1/0)
AC19 >= -0.12
| Brightness < -0.79
| | MDA < -4.26
| | | AC19 < -0.06
| | | | AC22 < -0.02 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | AC22 >= -0.02 : Piscina (1/0)
| | | AC19 >= -0.06 : Piscina (6/0)
| | MDA >= -4.26
| | | AC11 < 0.83
| | | | B 8 < 17907.99 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | | B 8 >= 17907.99 : Pav_Viaria (5/0)
| | | AC11 >= 0.83
| | | | AC11 < 1.05 : Coberturas_Diversas (19/0)
| | | | AC11 >= 1.05 : Coberturas_Metalicas (4/0)
| Brightness >= -0.79
| | AC21 < 0
| | | MDA < 11.77
| | | | AC22 < -0.05 : Coberturas_Metalicas (92/0)
| | | | AC22 >= -0.05
| | | | | SAVI < 0.05 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | SAVI >= 0.05
| | | | | | AC14 < -0.03
| | | | | | | B 3 < 25737
| | | | | | | | B 6 < 24092.17
| | | | | | | | | MNF2 < 43.56 : Coberturas_Metalicas (9/0)
| | | | | | | | | MNF2 >= 43.56
| | | | | | | | | | SAVI < 0.09 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | | | | | SAVI >= 0.09 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | B 6 >= 24092.17 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | B 3 >= 25737 : Coberturas_Metalicas (18/0)
| | | | | | AC14 >= -0.03 : Coberturas_Metalicas (28/0)
| | | MDA >= 11.77
| | | | AC11 < 0.97 : Coberturas_Diversas (5/0)
```

```
|   |   |   |   AC11 >= 0.97 : Coberturas_Metalicas (8/0)
|   |   AC21 >= 0
|   |   |   AC4 < -7546.65 : Coberturas_Diversas (10/0)
|   |   |   AC4 >= -7546.65
|   |   |   |   AC8 < 0.86 : Coberturas_Diversas (4/0)
|   |   |   |   AC8 >= 0.86
|   |   |   |   |   MDA < 2.09 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   MDA >= 2.09 : Coberturas_Metalicas (8/0)
```

Tamanho da Árvore:145

Árvore 6

```
B 2 < 14726.01
|   SAVI < 0.25
|   |   B 1 < 10968.87
|   |   |   AC5 < -20163.57
|   |   |   |   SAVI < 0.18 : Ceramica (2/0)
|   |   |   |   SAVI >= 0.18 : Solo_Exposto (14/0)
|   |   |   AC5 >= -20163.57
|   |   |   |   AC18 < -1109.76
|   |   |   |   |   AC12 < 0.63 : Ceramica (10/0)
|   |   |   |   |   AC12 >= 0.63 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   |   AC18 >= -1109.76
|   |   |   |   |   B 7 < 17009.06
|   |   |   |   |   |   AC9 < 0.89 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC9 >= 0.89 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   B 7 >= 17009.06 : Coberturas_Diversas (7/0)
|   |   B 1 >= 10968.87
|   |   |   AC10 < 0.99
|   |   |   |   AC6 < -15094.13
|   |   |   |   |   B 3 < 11001.56 : Coberturas_Diversas (31/0)
|   |   |   |   |   B 3 >= 11001.56
|   |   |   |   |   |   MNF1 < 37.27
|   |   |   |   |   |   |   AC13 < 0.25 : Coberturas_Diversas (20/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC13 >= 0.25 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   |   MNF1 >= 37.27
|   |   |   |   |   |   |   MDA < -1.02
|   |   |   |   |   |   |   |   AC7 < 0.81
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC1 < 0.62 : Coberturas_Diversas (8/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 0.62
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   MNF1 < 41.03
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC4 < -4349.97 : Pav_Viaria (19/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC4 >= -4349.97
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC1 < 0.76
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC11 < 0.62 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.62 : Coberturas_Diversas (13/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 0.76
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC19 < -0.22
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.19 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.19 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.22 : Pav_Viaria (16/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   MNF1 >= 41.03 : Coberturas_Diversas (9/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC7 >= 0.81 : Pav_Viaria (9/0)
|   |   |   |   |   |   |   MDA >= -1.02
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 < -3139.93
|   |   |   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.18 : Solo_Exposto (1/0)
```

```
| | | | | | | | | SAVI >= 0.18 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | | | AC18 >= -3139.93 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| | | | AC6 >= -15094.13
| | | | | AC15 < 0.85 : Pav_Viaria (29/0)
| | | | | AC15 >= 0.85
| | | | | | AC18 < -85.66
| | | | | | | AC15 < 0.86 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | | | | AC15 >= 0.86 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | AC18 >= -85.66 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | AC10 >= 0.99
| | | | MNF2 < 7.77
| | | | | MNF1 < 48.52
| | | | | | MNF1 < 42.72 : Solo_Exposto (4/0)
| | | | | | MNF1 >= 42.72
| | | | | | | AC21 < -0.03 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | AC21 >= -0.03 : Ceramica (5/0)
| | | | | MNF1 >= 48.52 : Pav_Viaria (16/0)
| | | | MNF2 >= 7.77
| | | | | SAVI < 0.13
| | | | | | AC13 < 0.23 : Pav_Nao_Viaria (7/0)
| | | | | | AC13 >= 0.23 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | SAVI >= 0.13
| | | | | | AC15 < 0.61 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | AC15 >= 0.61 : Pav_Viaria (1/0)
| SAVI >= 0.25
| | B 5 < 11285.78
| | | AC21 < 0.13 : Sombra (21/0)
| | | AC21 >= 0.13 : Vegetacao_Arborea (28/0)
| | B 5 >= 11285.78
| | | AC4 < -3883.14
| | | | AC2 < 0.63 : Solo_Exposto (4/0)
| | | | AC2 >= 0.63 : Vegetacao_Rasteira (21/0)
| | | AC4 >= -3883.14
| | | | AC8 < 0.64 : Coberturas_Diversas (7/0)
| | | | AC8 >= 0.64
| | | | | AC10 < 0.81 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | AC10 >= 0.81
| | | | | | AC12 < 0.66 : Lago (2/0)
| | | | | | AC12 >= 0.66 : Coberturas_Diversas (1/0)
B 2 >= 14726.01
| MDA < -1.89
| | MNF1 < 40.99
| | | AC13 < 0.1 : Piscina (7/0)
| | | AC13 >= 0.1
| | | | B 7 < 28595.9
| | | | | B 7 < 23798.27 : Coberturas_Diversas (1/0)
```

```
| | | | | B 7 >= 23798.27 : Pav_Viaria (20/0)
| | | | B 7 >= 28595.9
| | | | | SAVI < 0.14 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
| | | | | SAVI >= 0.14 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | MNF1 >= 40.99
| | | B 2 < 27623.41
| | | | MDA < -4.43 : Coberturas_Metalicas (4/0)
| | | | MDA >= -4.43
| | | | | AC16 < 0.89 : Coberturas_Diversas (36/0)
| | | | | AC16 >= 0.89 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | B 2 >= 27623.41
| | | | AC19 < 0.13 : Coberturas_Metalicas (6/0)
| | | | AC19 >= 0.13 : Piscina (1/0)
| MDA >= -1.89
| | AC9 < 0.99
| | | MNF1 < 39.36
| | | | AC21 < 0.02 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | AC21 >= 0.02 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | MNF1 >= 39.36 : Coberturas_Diversas (17/0)
| | AC9 >= 0.99
| | | MNF1 < 38.04 : Coberturas_Metalicas (57/0)
| | | MNF1 >= 38.04
| | | | AC2 < 0.75 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | AC2 >= 0.75
| | | | | B 2 < 19587.75 : Coberturas_Metalicas (32/0)
| | | | | B 2 >= 19587.75
| | | | | | AC22 < -0.03
| | | | | | | AC7 < 0.94
| | | | | | | | B 7 < 27227.4
| | | | | | | | | AC22 < -0.04 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | AC22 >= -0.04 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | | | B 7 >= 27227.4 : Coberturas_Metalicas (55/0)
| | | | | | | AC7 >= 0.94
| | | | | | | | AC6 < -33665.79
| | | | | | | | | AC5 < -45855.92 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | | | | AC5 >= -45855.92 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | AC6 >= -33665.79 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | | | | AC22 >= -0.03
| | | | | | | AC3 < -2851.47
| | | | | | | | SAVI < 0.1 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | | | | SAVI >= 0.1
| | | | | | | | | AC22 < -0.03 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | AC22 >= -0.03 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | | AC3 >= -2851.47 : Coberturas_Metalicas (1/0)
```

Tamanho da Árvore:135

Árvore 7

```
AC12 < 0.92
|   AC7 < 0.72
|   |   AC15 < 0.9
|   |   |   SAVI < 0.3
|   |   |   |   MNF2 < -1.33
|   |   |   |   |   AC18 < -3108.99
|   |   |   |   |   |   AC19 < -0.31 : Vegetacao_Rasteira (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.31 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   AC18 >= -3108.99 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   MNF2 >= -1.33
|   |   |   |   |   AC19 < -0.31 : Lago (7/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.31 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   SAVI >= 0.3 : Vegetacao_Rasteira (11/0)
|   |   AC15 >= 0.9
|   |   |   SAVI < 0.39 : Sombra (23/0)
|   |   |   SAVI >= 0.39 : Vegetacao_Arborea (20/0)
|   AC7 >= 0.72
|   |   MDA < 2.52
|   |   |   AC14 < 0.2
|   |   |   |   AC4 < -6365.62
|   |   |   |   |   AC17 < -9214.92
|   |   |   |   |   |   AC12 < 0.79 : Coberturas_Diversas (8/0)
|   |   |   |   |   |   AC12 >= 0.79 : Pav_Nao_Viaria (14/0)
|   |   |   |   |   AC17 >= -9214.92
|   |   |   |   |   |   AC11 < 0.64
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.08 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.08 : Solo_Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.64 : Coberturas_Diversas (9/0)
|   |   |   |   AC4 >= -6365.62
|   |   |   |   |   AC2 < 0.81
|   |   |   |   |   |   AC8 < 0.75
|   |   |   |   |   |   |   B 7 < 19219.49
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 < -1881.18 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 >= -1881.18 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 7 >= 19219.49 : Coberturas_Diversas (12/0)
|   |   |   |   |   |   AC8 >= 0.75
|   |   |   |   |   |   |   AC14 < 0.09
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 < -0.18 : Coberturas_Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.18
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 2 < 14462.87
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC15 < 0.74 : Coberturas_Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.74 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 2 >= 14462.87
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC17 < -5134.57 : Pav_Viaria (9/0)
```

```
| | | | | | | | | | AC17 >= -5134.57
| | | | | | | | | | | SAVI < 0.18 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | | SAVI >= 0.18 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | AC14 >= 0.09
| | | | | | | | B 6 < 16250.08
| | | | | | | | | AC22 < 0.04 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | AC22 >= 0.04
| | | | | | | | | | AC17 < -3623.81 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | AC17 >= -3623.81 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | B 6 >= 16250.08 : Pav_Viaria (18/0)
| | | | | AC2 >= 0.81
| | | | | | AC4 < -1050.28
| | | | | | | MNF1 < 39.57 : Pav_Viaria (41/0)
| | | | | | | MNF1 >= 39.57
| | | | | | | | NDVI < 0.12 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | NDVI >= 0.12 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | AC4 >= -1050.28
| | | | | | | AC20 < 0.21 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | AC20 >= 0.21 : Lago (1/0)
| | | AC14 >= 0.2
| | | | SAVI < 0.16
| | | | | AC19 < -0.3
| | | | | | AC18 < -11489.44
| | | | | | | AC18 < -12012.27 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | AC18 >= -12012.27 : Ceramica (2/0)
| | | | | | AC18 >= -11489.44
| | | | | | | AC6 < -18663.68 : Pav_Viaria (24/0)
| | | | | | | AC6 >= -18663.68 : Ceramica (1/0)
| | | | | AC19 >= -0.3
| | | | | | AC15 < 0.52 : Ceramica (3/0)
| | | | | | AC15 >= 0.52 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | SAVI >= 0.16
| | | | | AC1 < 0.71
| | | | | | MNF1 < 40.04
| | | | | | | B 7 < 20394.36
| | | | | | | | SAVI < 0.21 : Ceramica (2/0)
| | | | | | | | SAVI >= 0.21 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | B 7 >= 20394.36
| | | | | | | | SAVI < 0.19
| | | | | | | | | AC20 < 0.12 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | | | | | AC20 >= 0.12 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | SAVI >= 0.19 : Solo_Exposto (14/0)
| | | | | | MNF1 >= 40.04
| | | | | | | MNF2 < -0.95
| | | | | | | | AC11 < 0.5 : Ceramica (12/0)
| | | | | | | | AC11 >= 0.5
```

```
| | | | | | | | | MNF2 < -2.23
| | | | | | | | | | AC21 < 0.03 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | AC21 >= 0.03 : Ceramica (2/0)
| | | | | | | | | MNF2 >= -2.23 : Solo_Exposto (4/0)
| | | | | | | MNF2 >= -0.95 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | AC1 >= 0.71
| | | | | | MDA < -4.42 : Carvao_Coque (2/0)
| | | | | | MDA >= -4.42 : Coberturas_Diversas (9/0)
| | MDA >= 2.52
| | | B 6 < 10929.71
| | | | SAVI < 0.22 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| | | | SAVI >= 0.22 : Sombra (1/0)
| | | B 6 >= 10929.71
| | | | NDVI < 0.11 : Coberturas_Metalicas (2/0)
| | | | NDVI >= 0.11 : Coberturas_Diversas (43/0)
AC12 >= 0.92
| AC8 < 0.89
| | B 7 < 28333.03
| | | B 7 < 27127.73
| | | | MNF1 < 43.93
| | | | | MNF1 < 35.68 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | MNF1 >= 35.68
| | | | | | AC10 < 0.98
| | | | | | | AC21 < -0.01 : Coberturas_Metalicas (6/0)
| | | | | | | AC21 >= -0.01 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | AC10 >= 0.98
| | | | | | | MDA < 10.48 : Coberturas_Metalicas (42/0)
| | | | | | | MDA >= 10.48 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | MNF1 >= 43.93
| | | | | AC19 < 0.04 : Coberturas_Diversas (15/0)
| | | | | AC19 >= 0.04 : Piscina (2/0)
| | | B 7 >= 27127.73
| | | | AC17 < -7734.45 : Pav_Viaria (7/0)
| | | | AC17 >= -7734.45
| | | | | AC15 < 0.74 : Piscina (3/0)
| | | | | AC15 >= 0.74
| | | | | | AC14 < -0.06 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | AC14 >= -0.06 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | B 7 >= 28333.03 : Coberturas_Diversas (27/0)
| AC8 >= 0.89
| | AC21 < -0.01
| | | SAVI < 0.07
| | | | AC11 < 0.98 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | AC11 >= 0.98
| | | | | AC20 < 0.04
| | | | | | AC10 < 1.16
```

```
| | | | | | | AC22 < -0.07 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | AC22 >= -0.07 : Coberturas_Metalicas (7/0)
| | | | | | AC10 >= 1.16 : Coberturas_Metalicas (33/0)
| | | | | AC20 >= 0.04 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | SAVI >= 0.07 : Coberturas_Metalicas (70/0)
| | AC21 >= -0.01
| | | AC14 < 0.03
| | | | AC16 < 0.61 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | AC16 >= 0.61
| | | | | AC19 < -0.05
| | | | | | AC12 < 1 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | AC12 >= 1 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | AC19 >= -0.05 : Coberturas_Metalicas (8/0)
| | | AC14 >= 0.03 : Pav_Nao_Viaria (5/0)

Tamanho da Árvore:151
```

Árvore 8

```
AC14 < 0.04
|   AC21 < 0
|   |   MDA < -2.86
|   |   |   AC13 < 0.08
|   |   |   |   AC22 < 0.02 : Coberturas_Metalicas (4/0)
|   |   |   |   AC22 >= 0.02 : Piscina (2/0)
|   |   |   AC13 >= 0.08
|   |   |   |   SAVI < 0.13 : Pav_Viaria (4/0)
|   |   |   |   SAVI >= 0.13 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   MDA >= -2.86
|   |   |   AC11 < 1.04
|   |   |   |   B 2 < 19725.8
|   |   |   |   |   SAVI < 0.13 : Coberturas_Metalicas (54/0)
|   |   |   |   |   SAVI >= 0.13
|   |   |   |   |   |   B 7 < 22457.63 : Coberturas_Metalicas (7/0)
|   |   |   |   |   |   B 7 >= 22457.63 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   B 2 >= 19725.8
|   |   |   |   |   AC13 < 0.06
|   |   |   |   |   |   AC8 < 0.9
|   |   |   |   |   |   |   AC17 < -5598.3 : Coberturas_Diversas (6/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC17 >= -5598.3
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.06 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.06 : Coberturas_Metalicas (9/0)
|   |   |   |   |   |   AC8 >= 0.9
|   |   |   |   |   |   |   AC19 < 0.02 : Coberturas_Metalicas (44/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC19 >= 0.02 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   AC13 >= 0.06 : Coberturas_Diversas (6/0)
|   |   |   AC11 >= 1.04 : Coberturas_Metalicas (67/0)
|   AC21 >= 0
|   |   Brightness < -4.28 : Piscina (3/0)
|   |   Brightness >= -4.28
|   |   |   AC8 < 0.95 : Coberturas_Diversas (28/0)
|   |   |   AC8 >= 0.95 : Coberturas_Metalicas (1/0)
AC14 >= 0.04
|   B 1 < 10403.84
|   |   MNF2 < -7.07
|   |   |   AC12 < 0.47 : Vegetacao_Arborea (17/0)
|   |   |   AC12 >= 0.47 : Vegetacao_Rasteira (12/0)
|   |   MNF2 >= -7.07
|   |   |   AC17 < -1220.88
|   |   |   |   AC1 < 0.7 : Ceramica (5/0)
|   |   |   |   AC1 >= 0.7
|   |   |   |   |   MDA < -5.97 : Lago (5/0)
|   |   |   |   |   MDA >= -5.97 : Coberturas_Diversas (6/0)
```

```
| | | AC17 >= -1220.88 : Sombra (27/0)
| B 1 >= 10403.84
| | AC15 < 0.68
| | | AC14 < 0.16
| | | | AC22 < -0.01
| | | | | MNF1 < 40.15
| | | | | | AC12 < 0.78 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | AC12 >= 0.78 : Pav_Nao_Viaria (26/0)
| | | | | MNF1 >= 40.15 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | AC22 >= -0.01
| | | | | AC2 < 0.72 : Coberturas_Diversas (17/0)
| | | | | AC2 >= 0.72 : Pav_Viaria (1/0)
| | | AC14 >= 0.16
| | | | AC9 < 0.98
| | | | | AC3 < -5662.78
| | | | | | B 8 < 16724.4 : Ceramica (2/0)
| | | | | | B 8 >= 16724.4
| | | | | | | AC8 < 0.81 : Solo_Exposto (25/0)
| | | | | | | AC8 >= 0.81
| | | | | | | | AC19 < -0.31 : Ceramica (3/0)
| | | | | | | | AC19 >= -0.31 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | AC3 >= -5662.78 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | AC9 >= 0.98
| | | | | AC17 < -7759.86
| | | | | | AC8 < 0.88 : Pav_Viaria (21/0)
| | | | | | AC8 >= 0.88 : Ceramica (5/0)
| | | | | AC17 >= -7759.86
| | | | | | MNF2 < -1.03 : Ceramica (8/0)
| | | | | | MNF2 >= -1.03
| | | | | | | AC18 < -7227.95 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | AC18 >= -7227.95
| | | | | | | | SAVI < 0.15 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | SAVI >= 0.15 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | AC15 >= 0.68
| | | Brightness < -0.59
| | | | MNF1 < 39.6
| | | | | B 1 < 11510.55
| | | | | | AC12 < 0.66
| | | | | | | AC20 < 0.18 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | AC20 >= 0.18
| | | | | | | | AC14 < 0.22 : Carvao_Coque (2/0)
| | | | | | | | AC14 >= 0.22 : Lago (1/0)
| | | | | | AC12 >= 0.66 : Pav_Viaria (30/0)
| | | | | B 1 >= 11510.55
| | | | | | Brightness < -4.11 : Pav_Viaria (12/0)
| | | | | | Brightness >= -4.11
```

```
| | | | | | | AC21 < 0.01 : Coberturas_Diversas (9/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.01
| | | | | | | | AC16 < 0.73 : Pav_Viaria (12/0)
| | | | | | | | AC16 >= 0.73
| | | | | | | | | AC21 < 0.03
| | | | | | | | | | NDVI < 0.12
| | | | | | | | | | | AC19 < -0.19 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | | | | | | | | AC19 >= -0.19
| | | | | | | | | | | | AC8 < 0.77 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | | | | | | AC8 >= 0.77 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | NDVI >= 0.12 : Pav_Viaria (9/0)
| | | | | | | | | AC21 >= 0.03 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | MNF1 >= 39.6
| | | | | AC13 < 0.21
| | | | | | MNF1 < 40.43 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | MNF1 >= 40.43
| | | | | | | AC6 < -20943.97 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | AC6 >= -20943.97 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | AC13 >= 0.21
| | | | | | B 3 < 10200.46
| | | | | | | B 8 < 15739.43 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | B 8 >= 15739.43 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | B 3 >= 10200.46 : Coberturas_Diversas (22/0)
| | | Brightness >= -0.59
| | | | AC1 < 0.69 : Ceramica (4/0)
| | | | AC1 >= 0.69
| | | | | AC16 < 1.05
| | | | | | SAVI < 0.17 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.17
| | | | | | | MNF1 < 38.77
| | | | | | | | AC19 < -0.27 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | AC19 >= -0.27 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | MNF1 >= 38.77 : Coberturas_Diversas (39/0)
| | | | | AC16 >= 1.05 : Coberturas_Metalicas (3/0)
```

Tamanho da Árvore:125

Árvore 9

```
AC19 < -0.15
|   B 3 < 7316.21
|   |   AC16 < 0.97
|   |   |   AC13 < 0.45 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   AC13 >= 0.45 : Vegetacao_Arborea (15/0)
|   |   AC16 >= 0.97 : Sombra (25/0)
|   B 3 >= 7316.21
|   |   AC19 < -0.37
|   |   |   AC20 < 0.13 : Pav_Viaria (13/0)
|   |   |   AC20 >= 0.13
|   |   |   |   B 8 < 16735.63
|   |   |   |   |   SAVI < 0.25 : Ceramica (10/0)
|   |   |   |   |   SAVI >= 0.25 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   B 8 >= 16735.63 : Vegetacao_Rasteira (10/0)
|   |   AC19 >= -0.37
|   |   |   B 8 < 16717.25
|   |   |   |   MNF2 < 2.56
|   |   |   |   |   AC9 < 0.94
|   |   |   |   |   |   B 6 < 13378.72
|   |   |   |   |   |   |   AC10 < 0.81 : Coberturas_Diversas (23/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.81
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 < -0.33 : Lago (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.33 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 6 >= 13378.72 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   AC9 >= 0.94 : Carvao_Coque (4/0)
|   |   |   |   MNF2 >= 2.56
|   |   |   |   |   Brightness < 2.08
|   |   |   |   |   |   B 2 < 10501.3
|   |   |   |   |   |   |   AC20 < 0.22 : Pav_Viaria (24/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC20 >= 0.22 : Lago (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 2 >= 10501.3
|   |   |   |   |   |   |   AC4 < -2829.47
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.12
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC17 < -4533.8 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC17 >= -4533.8 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.12 : Coberturas_Diversas (14/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC4 >= -2829.47
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.14 : Pav_Viaria (13/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.14 : Coberturas_Diversas (6/0)
|   |   |   |   |   Brightness >= 2.08
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.02 : Coberturas_Metalicas (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.02 : Coberturas_Diversas (8/0)
|   |   |   B 8 >= 16717.25
|   |   |   |   AC2 < 0.64
```

```
| | | | | AC14 < 0.12
| | | | | | B 7 < 27483.15
| | | | | | | Brightness < -6.5 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | Brightness >= -6.5 : Pav_Nao_Viaria (4/0)
| | | | | | B 7 >= 27483.15
| | | | | | | MNF2 < 14.08 : Coberturas_Diversas (8/0)
| | | | | | | MNF2 >= 14.08 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
| | | | | AC14 >= 0.12
| | | | | | AC4 < -8713.83
| | | | | | | AC13 < 0.33
| | | | | | | | B 6 < 24144.64
| | | | | | | | | AC17 < -10018.07 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | | | AC17 >= -10018.07
| | | | | | | | | | AC21 < 0.03 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | | | | | AC21 >= 0.03 : Ceramica (2/0)
| | | | | | | | B 6 >= 24144.64
| | | | | | | | | AC19 < -0.29 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | | | AC19 >= -0.29 : Ceramica (4/0)
| | | | | | | AC13 >= 0.33 : Pav_Viaria (12/0)
| | | | | | AC4 >= -8713.83
| | | | | | | AC21 < 0.02
| | | | | | | | MNF1 < 39.5 : Solo_Exposto (8/0)
| | | | | | | | MNF1 >= 39.5
| | | | | | | | | NDVI < 0.1 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | NDVI >= 0.1
| | | | | | | | | | AC19 < -0.33 : Ceramica (3/0)
| | | | | | | | | | AC19 >= -0.33 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.02
| | | | | | | | | AC14 < 0.22 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | | | AC14 >= 0.22 : Solo_Exposto (17/0)
| | | | AC2 >= 0.64
| | | | | AC19 < -0.32
| | | | | | AC13 < 0.33
| | | | | | | AC16 < 0.69 : Vegetacao_Rasteira (1/0)
| | | | | | | AC16 >= 0.69 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | AC13 >= 0.33 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | AC19 >= -0.32
| | | | | | MDA < -1.58
| | | | | | | AC9 < 0.95
| | | | | | | | AC15 < 0.73
| | | | | | | | | MNF1 < 39.86 : Pav_Viaria (21/0)
| | | | | | | | | MNF1 >= 39.86 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | AC15 >= 0.73
| | | | | | | | | AC12 < 0.79 : Coberturas_Diversas (4/0)
| | | | | | | | | AC12 >= 0.79
| | | | | | | | | | MDA < -3.1 : Coberturas_Diversas (3/0)
```

```
| | | | | | | | | | MDA >= -3.1 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | AC9 >= 0.95
| | | | | | | | MDA < -2.62
| | | | | | | | | | AC15 < 0.74 : Coberturas_Diversas (24/0)
| | | | | | | | | | AC15 >= 0.74 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | MDA >= -2.62
| | | | | | | | | | NDVI < 0.11 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | | | NDVI >= 0.11 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | MDA >= -1.58 : Coberturas_Diversas (17/0)
AC19 >= -0.15
| MDA < -1.89
| | AC4 < -8393.59 : Pav_Nao_Viaria (11/0)
| | AC4 >= -8393.59
| | | AC1 < 0.77
| | | | B 6 < 22018.89
| | | | | AC1 < 0.75 : Coberturas_Diversas (11/0)
| | | | | AC1 >= 0.75
| | | | | | B 5 < 19841.31 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | B 5 >= 19841.31 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | B 6 >= 22018.89 : Pav_Viaria (8/0)
| | | AC1 >= 0.77
| | | | AC16 < 1.17
| | | | | AC10 < 1.04
| | | | | | MDA < -4.19
| | | | | | | AC22 < -0.01 : Piscina (1/0)
| | | | | | | AC22 >= -0.01 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| | | | | | MDA >= -4.19 : Coberturas_Diversas (29/0)
| | | | | AC10 >= 1.04
| | | | | | AC3 < -4623.06 : Piscina (2/0)
| | | | | | AC3 >= -4623.06 : Coberturas_Metalicas (4/0)
| | | | AC16 >= 1.17 : Piscina (5/0)
| MDA >= -1.89
| | AC4 < -10173.82 : Coberturas_Diversas (6/0)
| | AC4 >= -10173.82
| | | AC3 < -3076.67
| | | | B 3 < 30000.62
| | | | | AC18 < -8572.08
| | | | | | AC15 < 0.66
| | | | | | | AC20 < 0.06 : Coberturas_Metalicas (3/0)
| | | | | | | AC20 >= 0.06 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | AC15 >= 0.66 : Coberturas_Diversas (10/0)
| | | | | AC18 >= -8572.08
| | | | | | MNF1 < 40.67 : Coberturas_Metalicas (35/0)
| | | | | | MNF1 >= 40.67
| | | | | | | AC9 < 1.06
| | | | | | | | AC21 < -0.01 : Coberturas_Metalicas (2/0)
```

```
|   |   |   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.01 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC9 >= 1.06 : Coberturas_Diversas (5/0)
|   |   |   |   B 3 >= 30000.62
|   |   |   |   |   AC3 < -7465.05 : Coberturas_Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   AC3 >= -7465.05
|   |   |   |   |   |   MNF1 < 51.4 : Coberturas_Metalicas (55/0)
|   |   |   |   |   |   MNF1 >= 51.4 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   AC3 >= -3076.67 : Coberturas_Metalicas (54/0)
```

Tamanho da Árvore:145

Árvore 10

```
AC21 < 0
|   Brightness < -2.65
|   |   AC19 < -0.09
|   |   |   AC8 < 0.86
|   |   |   |   AC20 < 0.09
|   |   |   |   |   SAVI < 0.12
|   |   |   |   |   |   AC5 < -25670.84 : Pav_Viaria (11/0)
|   |   |   |   |   |   AC5 >= -25670.84 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   SAVI >= 0.12
|   |   |   |   |   |   AC21 < -0.02 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.02
|   |   |   |   |   |   |   AC20 < 0.08 : Solo_Exposto (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC20 >= 0.08
|   |   |   |   |   |   |   |   AC15 < 0.57 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.57 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   AC20 >= 0.09 : Pav_Viaria (20/0)
|   |   |   AC8 >= 0.86
|   |   |   |   AC14 < 0.13
|   |   |   |   |   AC14 < 0.03 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   AC14 >= 0.03 : Pav_Nao_Viaria (17/0)
|   |   |   |   AC14 >= 0.13
|   |   |   |   |   AC18 < -11465.43 : Ceramica (4/0)
|   |   |   |   |   AC18 >= -11465.43 : Coberturas_Diversas (4/0)
|   |   AC19 >= -0.09
|   |   |   B 3 < 22991.42 : Coberturas_Metalicas (3/0)
|   |   |   B 3 >= 22991.42
|   |   |   |   AC17 < -9462.79 : Coberturas_Metalicas (2/0)
|   |   |   |   AC17 >= -9462.79 : Piscina (15/0)
|   Brightness >= -2.65
|   |   AC19 < -0.24 : Ceramica (2/0)
|   |   AC19 >= -0.24
|   |   |   B 6 < 28159.3
|   |   |   |   AC6 < -25704.87 : Coberturas_Diversas (3/0)
|   |   |   |   AC6 >= -25704.87
|   |   |   |   |   AC21 < -0.03
|   |   |   |   |   |   AC1 < 0.87
|   |   |   |   |   |   |   B 7 < 26736.53 : Coberturas_Metalicas (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 7 >= 26736.53
|   |   |   |   |   |   |   |   AC1 < 0.81 : Coberturas_Metalicas (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 0.81 : Coberturas_Diversas (8/0)
|   |   |   |   |   |   AC1 >= 0.87
|   |   |   |   |   |   |   MNF1 < 45.05 : Coberturas_Metalicas (11/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF1 >= 45.05 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= -0.03
```

```
| | | | | | AC2 < 0.77
| | | | | | | AC3 < -5575.92 : Coberturas_Metalicas (16/0)
| | | | | | | AC3 >= -5575.92
| | | | | | | | Brightness < 3.81 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | Brightness >= 3.81 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | AC2 >= 0.77 : Coberturas_Metalicas (32/0)
| | | B 6 >= 28159.3
| | | | AC4 < -9851.95 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | AC4 >= -9851.95
| | | | | AC17 < -14646.38
| | | | | | SAVI < 0.03 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.03 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | AC17 >= -14646.38 : Coberturas_Metalicas (91/0)
AC21 >= 0
| AC7 < 0.72
| | AC17 < -1196.49
| | | AC18 < -2943.9
| | | | AC6 < -18879.34 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | AC6 >= -18879.34 : Vegetacao_Rasteira (11/0)
| | | AC18 >= -2943.9
| | | | AC12 < 0.59 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | AC12 >= 0.59
| | | | | AC12 < 0.65 : Lago (5/0)
| | | | | AC12 >= 0.65 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | AC17 >= -1196.49
| | | SAVI < 0.37 : Sombra (26/0)
| | | SAVI >= 0.37 : Vegetacao_Arborea (23/0)
| AC7 >= 0.72
| | AC14 < 0.24
| | | Brightness < -0.5
| | | | AC5 < -18627.07
| | | | | B 6 < 24448.38
| | | | | | AC15 < 0.69
| | | | | | | B 1 < 12045.4
| | | | | | | | AC21 < 0.05
| | | | | | | | | NDVI < 0.11 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | | NDVI >= 0.11
| | | | | | | | | | AC16 < 0.65 : Solo_Exposto (6/0)
| | | | | | | | | | AC16 >= 0.65
| | | | | | | | | | | AC8 < 0.76 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | | | | | AC8 >= 0.76 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | AC21 >= 0.05 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | B 1 >= 12045.4
| | | | | | | | SAVI < 0.15 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | | SAVI >= 0.15
| | | | | | | | | AC13 < 0.14 : Pav_Viaria (1/0)
```

```
| | | | | | | | | AC13 >= 0.14 : Coberturas_Diversas (15/0)
| | | | | | AC15 >= 0.69
| | | | | | | AC5 < -23631.19
| | | | | | | | | AC16 < 0.72
| | | | | | | | | | AC8 < 0.85 : Pav_Viaria (25/0)
| | | | | | | | | | AC8 >= 0.85 : Piscina (1/0)
| | | | | | | | | AC16 >= 0.72 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | | | AC5 >= -23631.19
| | | | | | | | | SAVI < 0.19
| | | | | | | | | | AC4 < -2795.8
| | | | | | | | | | | AC1 < 0.77 : Coberturas_Diversas (25/0)
| | | | | | | | | | | AC1 >= 0.77 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | AC4 >= -2795.8 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | | | SAVI >= 0.19
| | | | | | | | | | AC18 < -2309.42
| | | | | | | | | | | AC12 < 0.68 : Pav_Viaria (10/0)
| | | | | | | | | | | AC12 >= 0.68
| | | | | | | | | | | | Brightness < -3.25
| | | | | | | | | | | | | AC21 < 0.02 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | | | AC21 >= 0.02 : Coberturas_Diversas (5/0)
| | | | | | | | | | | | Brightness >= -3.25
| | | | | | | | | | | | | AC16 < 0.84 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | | | | | | AC16 >= 0.84 : Coberturas_Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | AC18 >= -2309.42 : Coberturas_Diversas (7/0)
| | | | | | B 6 >= 24448.38
| | | | | | | AC8 < 0.89 : Coberturas_Diversas (28/0)
| | | | | | | AC8 >= 0.89 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
| | | | | AC5 >= -18627.07
| | | | | | AC3 < -3637.7 : Carvao_Coque (3/0)
| | | | | | AC3 >= -3637.7 : Pav_Viaria (34/0)
| | | | Brightness >= -0.5
| | | | | NDVI < 0.1
| | | | | | Brightness < 2.72 : Coberturas_Diversas (3/0)
| | | | | | Brightness >= 2.72 : Coberturas_Metalicas (4/0)
| | | | | NDVI >= 0.1
| | | | | | AC18 < 388.37
| | | | | | | B 8 < 14251.92
| | | | | | | | AC14 < 0.2
| | | | | | | | | AC18 < -579.64 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | AC18 >= -579.64 : Coberturas_Diversas (2/0)
| | | | | | | | AC14 >= 0.2 : Coberturas_Diversas (9/0)
| | | | | | | B 8 >= 14251.92 : Coberturas_Diversas (42/0)
| | | | | | AC18 >= 388.37 : Coberturas_Metalicas (1/0)
| | | AC14 >= 0.24
| | | | B 3 < 9482.36
| | | | | AC20 < 0.21 : Ceramica (12/0)
```

```
|   |   |   |   AC20 >= 0.21 : Coberturas_Diversas (1/0)
|   |   |   B 3 >= 9482.36
|   |   |   |   B 5 < 18291.4
|   |   |   |   |   B 8 < 16867.03 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   B 8 >= 16867.03 : Solo_Exposto (7/0)
|   |   |   |   B 5 >= 18291.4
|   |   |   |   |   AC21 < 0.02 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= 0.02 : Ceramica (1/0)
```

Tamanho da Árvore:145

A.2 Nível de Detalhamento 2

A.2.1 Árvore C.45

```
AC19 <= -0.24463
|   AC2 <= 0.776408
|   |   AC21 <= 0.083674
|   |   |   B 1 <= 11460.77778
|   |   |   |   AC19 <= -0.333427
|   |   |   |   |   AC6 <= -16732.48152
|   |   |   |   |   |   SAVI <= 0.191214: Cerâmica Escura (4.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   SAVI > 0.191214: Solo Exposto (5.0)
|   |   |   |   |   AC6 > -16732.48152: Cerâmica Escura (11.0)
|   |   |   |   AC19 > -0.333427
|   |   |   |   |   AC2 <= 0.644939: Solo Exposto (13.0/1.0)
|   |   |   |   |   AC2 > 0.644939: Bloquete (8.0)
|   |   |   B 1 > 11460.77778
|   |   |   |   AC19 <= -0.331305: Asfalto Pintado de Vermelho (17.0)
|   |   |   |   AC19 > -0.331305
|   |   |   |   |   AC16 <= 0.54066: Ceramica Iluminada (8.0/1.0)
|   |   |   |   |   AC16 > 0.54066
|   |   |   |   |   |   MDA <= -4.587527
|   |   |   |   |   |   |   SAVI <= 0.152522: Asfalto Pintado de Vermelho (3.0)
|   |   |   |   |   |   |   SAVI > 0.152522: Bloquete (2.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   MDA > -4.587527
|   |   |   |   |   |   |   AC22 <= 0.02171: Cimento Pintado de Vermelho (11.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC22 > 0.02171: Concreto Pintado de Vermelho (6.0/1.0)
|   |   AC21 > 0.083674
|   |   |   AC19 <= -0.439231: Vegetacao_Arborea (19.0)
|   |   |   AC19 > -0.439231: Vegetacao_Rasteira (17.0/1.0)
|   AC2 > 0.776408
|   |   AC17 <= -1239.142536
|   |   |   AC21 <= 0.040295
|   |   |   |   B 1 <= 10971.01923
|   |   |   |   |   SAVI <= 0.208136: Carvao_Coque (3.0/1.0)
|   |   |   |   |   SAVI > 0.208136: Vidro Aramado (6.0)
|   |   |   |   B 1 > 10971.01923
|   |   |   |   |   AC18 <= -718.685184: Asfalto (30.0)
|   |   |   |   |   AC18 > -718.685184: Policarbonato (4.0)
|   |   |   AC21 > 0.040295
|   |   |   |   MDA <= -2.509908: Cimento Pintado de Verde (3.0/1.0)
|   |   |   |   MDA > -2.509908: Amianto (27.0/1.0)
|   |   AC17 > -1239.142536: Sombra (22.0)
AC19 > -0.24463
|   B 5 <= 21217.21277
```

```
| | AC15 <= 0.809001
| | | MDA <= 0.202844
| | | | AC2 <= 0.690314: Concreto Pintado de Amarelo (5.0/1.0)
| | | | AC2 > 0.690314
| | | | | B 1 <= 12826.125
| | | | | | AC21 <= 0.009444: Cimento (3.0)
| | | | | | AC21 > 0.009444: Concreto (11.0)
| | | | | B 1 > 12826.125
| | | | | | MNF1 <= 36.495695: Concreto (7.0/1.0)
| | | | | | MNF1 > 36.495695: Asfalto Pintado de Branco (32.0/3.0)
| | | MDA > 0.202844
| | | | AC2 <= 0.687731: Pastilha Esmaltada (5.0)
| | | | AC2 > 0.687731
| | | | | AC3 <= -4091.471889: Fibra de Vidro (6.0/1.0)
| | | | | AC3 > -4091.471889: Acrilico (7.0)
| | AC15 > 0.809001
| | | AC22 <= 0.036675
| | | | MNF1 <= 42.194069: Aco Galvanizado Fosco (19.0)
| | | | MNF1 > 42.194069
| | | | | MDA <= 3.908241: Plastico (9.0)
| | | | | MDA > 3.908241: Aco Galvanizado Fosco (2.0/1.0)
| | | AC22 > 0.036675: PIscina de Azulejo (5.0)
| B 5 > 21217.21277
| | B 6 <= 34066.25
| | | MDA <= -1.834553
| | | | AC19 <= -0.113409
| | | | | SAVI <= 0.142788
| | | | | | MDA <= -6.76724: Solo Exposto (3.0)
| | | | | | MDA > -6.76724: Pedra Mineira (14.0)
| | | | | SAVI > 0.142788: Concreto Pintado de Amarelo (4.0)
| | | | AC19 > -0.113409
| | | | | AC6 <= -25739.78387: Concreto Impermeabilizado (18.0)
| | | | | AC6 > -25739.78387: Piscina de Vinil (3.0)
| | | MDA > -1.834553
| | | | MDA <= 5.938298
| | | | | AC1 <= 0.785121
| | | | | | MDA <= -0.214776: Aco Galvanizado Brilhante (4.0/1.0)
| | | | | | MDA > -0.214776: Aco Galvanizado com Ferrugem (19.0/1.0)
| | | | | AC1 > 0.785121
| | | | | | SAVI <= 0.104152
| | | | | | | AC21 <= -0.04834: CRFS (2.0)
| | | | | | | AC21 > -0.04834: Aco Galvanizado Brilhante (17.0/1.0)
| | | | | | SAVI > 0.104152: CRFS (4.0)
| | | | MDA > 5.938298
| | | | | AC21 <= -0.04834: Galvalume B (6.0)
| | | | | AC21 > -0.04834
```

```
| | | | | | MNF2 <= 41.684936
| | | | | | | SAVI <= 0.143675: Concreto Impermeabilizado (2.0)
| | | | | | | SAVI > 0.143675: Acrilico (3.0)
| | | | | | MNF2 > 41.684936: Galvalume C (12.0)
| | B 6 > 34066.25
| | | AC15 <= 0.627202: Lona (3.0)
| | | AC15 > 0.627202
| | | | AC22 <= -0.05037: Galvalume A (40.0/1.0)
| | | | AC22 > -0.05037: Manta Asfaltica Aluminizada (4.0)
```

Tamanho da Árvore: 97

A.2.2 Árvores Random Forest

Árvore 1

```
MNF2 < 7.96
|   AC16 < 0.83
|   |   AC21 < 0.08
|   |   |   B 4 < 16094.84
|   |   |   |   Brightness < -2.65
|   |   |   |   |   MNF1 < 39.48
|   |   |   |   |   |   AC10 < 0.93 : Bloquete (13/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.93 : Concreto (1/0)
|   |   |   |   |   MNF1 >= 39.48
|   |   |   |   |   |   AC10 < 0.92
|   |   |   |   |   |   |   AC20 < 0.15 : Concreto Pintado de Vermelho (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC20 >= 0.15
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.16 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.16 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.92
|   |   |   |   |   |   |   AC15 < 0.63 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.63 : Cimento Pintado de Vermelho (8/0)
|   |   |   |   Brightness >= -2.65
|   |   |   |   |   AC22 < 0.04 : Solo Exposto (8/0)
|   |   |   |   |   AC22 >= 0.04
|   |   |   |   |   |   AC19 < -0.3 : Cerâmica Escura (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.3
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.14 : Concreto (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.14 : Acrilico (1/0)
|   |   |   B 4 >= 16094.84
|   |   |   |   AC19 < -0.27
|   |   |   |   |   AC6 < -21964.18
|   |   |   |   |   |   MNF1 < 46.11
|   |   |   |   |   |   |   MDA < 1.07 : Ceramica Iluminada (7/0)
|   |   |   |   |   |   |   MDA >= 1.07 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   MNF1 >= 46.11 : Asfalto Pintado de Vermelho (3/0)
|   |   |   |   |   AC6 >= -21964.18
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0 : Asfalto Pintado de Vermelho (15/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   AC19 >= -0.27
|   |   |   |   |   AC21 < 0.03
|   |   |   |   |   |   AC10 < 1.03 : Solo Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 1.03 : Cimento Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= 0.03 : Concreto Pintado de Amarelo (4/0)
|   |   AC21 >= 0.08
|   |   |   AC12 < 0.47 : Vegetacao_Arborea (14/0)
```

```
| | | AC12 >= 0.47 : Vegetacao_Rasteira (17/0)
| AC16 >= 0.83
| | AC21 < 0.04
| | | AC16 < 0.94
| | | | NDVI < 0.14 : Asfalto (32/0)
| | | | NDVI >= 0.14 : Cerâmica Escura (2/0)
| | | AC16 >= 0.94
| | | | B 6 < 11494.34
| | | | | AC18 < -109.18 : Vidro Aramado (4/0)
| | | | | AC18 >= -109.18
| | | | | | AC15 < 0.9 : Lago (1/0)
| | | | | | AC15 >= 0.9 : Sombra (1/0)
| | | | B 6 >= 11494.34 : Policarbonato (6/0)
| | AC21 >= 0.04
| | | AC6 < -13624.66
| | | | AC2 < 0.81
| | | | | AC17 < -1505.85 : Cimento Pintado de Verde (4/0)
| | | | | AC17 >= -1505.85 : Vegetacao_Arborea (3/0)
| | | | AC2 >= 0.81
| | | | | AC7 < 0.71 : Policarbonato (1/0)
| | | | | AC7 >= 0.71 : Amianto (26/0)
| | | AC6 >= -13624.66
| | | | AC18 < -239.67 : Lago (4/0)
| | | | AC18 >= -239.67 : Sombra (21/0)
MNF2 >= 7.96
| SAVI < 0.12
| | AC22 < -0.04
| | | B 1 < 23233.72
| | | | B 3 < 36080.62
| | | | | AC1 < 0.69 : Cimento Pintado de Vermelho (3/0)
| | | | | AC1 >= 0.69
| | | | | | AC10 < 1.09
| | | | | | | AC15 < 0.71 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | | AC15 >= 0.71 : Galvalume C (2/0)
| | | | | | AC10 >= 1.09 : Galvalume C (15/0)
| | | | B 3 >= 36080.62
| | | | | AC21 < -0.03 : Galvalume B (4/0)
| | | | | AC21 >= -0.03 : Lona (2/0)
| | | B 1 >= 23233.72 : Galvalume A (43/0)
| | AC22 >= -0.04
| | | B 3 < 23412.17
| | | | MDA < -1.41 : Pedra Mineira (15/0)
| | | | MDA >= -1.41 : Aco Galvanizado com Ferrugem (17/0)
| | | B 3 >= 23412.17
| | | | AC1 < 0.75 : Aco Galvanizado com Ferrugem (5/0)
| | | | AC1 >= 0.75
```

```
| | | | | SAVI < 0.1
| | | | | | AC17 < -5068.1
| | | | | | | AC17 < -9038.44 : Piscina de Vinil (1/0)
| | | | | | | AC17 >= -9038.44
| | | | | | | | B 6 < 25894.8 : Aco Galvanizado Brilhante (17/0)
| | | | | | | | B 6 >= 25894.8
| | | | | | | | | SAVI < 0.09 : Aco Galvanizado Brilhante (3/0)
| | | | | | | | | SAVI >= 0.09 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | | AC17 >= -5068.1 : CRFS (2/0)
| | | | | SAVI >= 0.1
| | | | | | AC20 < 0.06 : Concreto Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | AC20 >= 0.06
| | | | | | | AC18 < -68.54 : CRFS (2/0)
| | | | | | | AC18 >= -68.54 : PIscina de Azulejo (1/0)
| SAVI >= 0.12
| | MNF1 < 40.43
| | | MDA < -0.91
| | | | AC1 < 0.75
| | | | | B 6 < 18963.79
| | | | | | AC6 < -18344.68
| | | | | | | MNF2 < 16.36 : Cimento (3/0)
| | | | | | | MNF2 >= 16.36 : Concreto (6/0)
| | | | | | AC6 >= -18344.68 : Concreto (7/0)
| | | | | B 6 >= 18963.79
| | | | | | AC1 < 0.71
| | | | | | | AC21 < 0.01 : Pedra Mineira (1/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.01 : Concreto Pintado de Amarelo (3/0)
| | | | | | AC1 >= 0.71 : Asfalto Pintado de Branco (2/0)
| | | | AC1 >= 0.75
| | | | | AC19 < -0.22 : Concreto (2/0)
| | | | | AC19 >= -0.22
| | | | | | AC2 < 0.8 : Asfalto Pintado de Branco (20/0)
| | | | | | AC2 >= 0.8
| | | | | | | B 8 < 18280.24 : Asfalto Pintado de Branco (4/0)
| | | | | | | B 8 >= 18280.24 : Concreto (1/0)
| | | MDA >= -0.91
| | | | MNF1 < 36.59 : Pastilha Esmaltada (11/0)
| | | | MNF1 >= 36.59
| | | | | B 3 < 23688.21 : Fibra de Vidro (4/0)
| | | | | B 3 >= 23688.21
| | | | | | AC12 < 1.02 : Acrilico (1/0)
| | | | | | AC12 >= 1.02 : Manta Asfaltica Aluminizada (1/0)
| | MNF1 >= 40.43
| | | B 3 < 21576.98
| | | | AC18 < -2907.96
| | | | | AC17 < -4085.14
```

```
| | | | | | AC3 < -4269.19 : Asfalto Pintado de Branco (2/0)
| | | | | | AC3 >= -4269.19 : Fibra de Vidro (1/0)
| | | | | AC17 >= -4085.14 : Acrilico (10/0)
| | | | AC18 >= -2907.96
| | | | | AC13 < 0.17
| | | | | | B 7 < 23225.94 : Aco Galvanizado Fosco (19/0)
| | | | | | B 7 >= 23225.94 : Plastico (3/0)
| | | | | AC13 >= 0.17 : Plastico (7/0)
| | | B 3 >= 21576.98
| | | | AC2 < 0.79
| | | | | AC15 < 0.69 : CRFS (3/0)
| | | | | AC15 >= 0.69
| | | | | | AC19 < -0.04
| | | | | | | AC20 < 0.08 : Piscina de Vinil (1/0)
| | | | | | | AC20 >= 0.08 : Acrilico (1/0)
| | | | | | AC19 >= -0.04 : Manta Asfaltica Aluminizada (2/0)
| | | | AC2 >= 0.79
| | | | | AC18 < -591.03 : Concreto Impermeabilizado (21/0)
| | | | | AC18 >= -591.03 : PIscina de Azulejo (1/0)

Tamanho da Árvore:153
```

Árvore 2

```
MNF2 < 7.8
|   AC3 < -3442.28
|   |   B 2 < 10630.78
|   |   |   NDVI < 0.17
|   |   |   |   MDA < -0.64
|   |   |   |   |   AC5 < -20511.22
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.02 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.02 : Solo Exposto (12/0)
|   |   |   |   |   AC5 >= -20511.22
|   |   |   |   |   |   AC3 < -3764.1 : Cerâmica Escura (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC3 >= -3764.1 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   |   MDA >= -0.64 : Cerâmica Escura (15/0)
|   |   |   NDVI >= 0.17
|   |   |   |   AC4 < -6038.55 : Solo Exposto (2/0)
|   |   |   |   AC4 >= -6038.55 : Vegetacao_Rasteira (18/0)
|   |   B 2 >= 10630.78
|   |   |   AC4 < -7238.58
|   |   |   |   MDA < -2.68
|   |   |   |   |   AC11 < 0.58
|   |   |   |   |   |   B 4 < 20791.61 : Asfalto Pintado de Vermelho (26/0)
|   |   |   |   |   |   B 4 >= 20791.61
|   |   |   |   |   |   |   AC18 < -14175.98 : Ceramica Iluminada (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC18 >= -14175.98 : Cimento Pintado de Vermelho (1/0)
|   |   |   |   |   AC11 >= 0.58
|   |   |   |   |   |   AC13 < 0.23 : Concreto Pintado de Amarelo (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC13 >= 0.23
|   |   |   |   |   |   |   AC18 < -11777.61 : Ceramica Iluminada (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC18 >= -11777.61 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   MDA >= -2.68
|   |   |   |   |   AC2 < 0.51 : Ceramica Iluminada (4/0)
|   |   |   |   |   AC2 >= 0.51
|   |   |   |   |   |   NDVI < 0.11 : Concreto Pintado de Vermelho (1/0)
|   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.11 : Solo Exposto (2/0)
|   |   |   AC4 >= -7238.58
|   |   |   |   AC15 < 0.72
|   |   |   |   |   NDVI < 0.13
|   |   |   |   |   |   AC20 < 0.12 : Cimento Pintado de Vermelho (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC20 >= 0.12
|   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.18 : Concreto Pintado de Vermelho (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.18 : Concreto (2/0)
|   |   |   |   |   NDVI >= 0.13 : Bloquete (5/0)
|   |   |   |   AC15 >= 0.72 : Acrilico (6/0)
|   AC3 >= -3442.28
|   |   AC21 < 0.04
```

```
| | | AC11 < 0.54
| | | | AC21 < 0.03 : Policarbonato (1/0)
| | | | AC21 >= 0.03 : Vidro Aramado (5/0)
| | | AC11 >= 0.54
| | | | AC20 < 0.2 : Asfalto (35/0)
| | | | AC20 >= 0.2 : Policarbonato (1/0)
| | AC21 >= 0.04
| | | B 1 < 9986.4
| | | | AC21 < 0.17 : Sombra (19/0)
| | | | AC21 >= 0.17 : Vegetacao_Arborea (13/0)
| | | B 1 >= 9986.4
| | | | MDA < -2.16
| | | | | NDVI < 0.22 : Lago (1/0)
| | | | | NDVI >= 0.22 : Vegetacao_Rasteira (2/0)
| | | | MDA >= -2.16
| | | | | B 1 < 11463.18 : Amianto (24/0)
| | | | | B 1 >= 11463.18
| | | | | | B 5 < 13567.04 : Policarbonato (2/0)
| | | | | | B 5 >= 13567.04 : Amianto (2/0)
MNF2 >= 7.8
| B 2 < 17866.48
| | AC3 < -3006.67
| | | AC2 < 0.69
| | | | AC21 < 0.01
| | | | | AC21 < -0.01
| | | | | | AC22 < -0.04 : Cimento Pintado de Vermelho (2/0)
| | | | | | AC22 >= -0.04 : Pedra Mineira (6/0)
| | | | | AC21 >= -0.01
| | | | | | AC21 < 0 : Solo Exposto (2/0)
| | | | | | AC21 >= 0 : Cimento (1/0)
| | | | AC21 >= 0.01
| | | | | MDA < 1.24 : Concreto Pintado de Amarelo (9/0)
| | | | | MDA >= 1.24 : Pastilha Esmaltada (6/0)
| | | AC2 >= 0.69
| | | | B 5 < 21390.7
| | | | | B 8 < 19067.63
| | | | | | AC4 < -3388.42
| | | | | | | MNF1 < 38.51
| | | | | | | | AC22 < 0.01
| | | | | | | | | AC21 < 0
| | | | | | | | | | AC13 < 0.14 : Concreto (1/0)
| | | | | | | | | | AC13 >= 0.14 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | | | | AC21 >= 0 : Cimento (2/0)
| | | | | | | | AC22 >= 0.01 : Concreto (14/0)
| | | | | | | MNF1 >= 38.51 : Asfalto Pintado de Branco (4/0)
| | | | | | AC4 >= -3388.42 : Asfalto Pintado de Branco (9/0)
```

```
| | | | | B 8 >= 19067.63
| | | | | | AC16 < 0.79
| | | | | | | Brightness < 4.3
| | | | | | | | Brightness < -4.33 : Cimento (1/0)
| | | | | | | | Brightness >= -4.33 : Asfalto Pintado de Branco (17/0)
| | | | | | | Brightness >= 4.3 : Fibra de Vidro (6/0)
| | | | | | AC16 >= 0.79 : Acrilico (2/0)
| | | | | B 5 >= 21390.7 : Aco Galvanizado com Ferrugem (13/0)
| | AC3 >= -3006.67
| | | AC6 < -18058.92
| | | | AC18 < -2863.44 : Acrilico (3/0)
| | | | AC18 >= -2863.44 : Plastico (8/0)
| | | AC6 >= -18058.92
| | | | AC16 < 0.84 : Plastico (1/0)
| | | | AC16 >= 0.84 : Aco Galvanizado Fosco (24/0)
| B 2 >= 17866.48
| | AC5 < -36721.94
| | | AC20 < 0.04
| | | | AC5 < -51896.87 : Manta Asfaltica Aluminizada (2/0)
| | | | AC5 >= -51896.87 : Galvalume A (40/0)
| | | AC20 >= 0.04
| | | | AC3 < -7397.4 : Lona (2/0)
| | | | AC3 >= -7397.4 : Manta Asfaltica Aluminizada (7/0)
| | AC5 >= -36721.94
| | | MDA < -1.29
| | | | AC4 < -2649.38
| | | | | AC19 < -0.06 : Piscina de Vinil (2/0)
| | | | | AC19 >= -0.06 : Concreto Impermeabilizado (19/0)
| | | | AC4 >= -2649.38
| | | | | AC20 < 0.12 : Plastico (6/0)
| | | | | AC20 >= 0.12 : PIscina de Azulejo (5/0)
| | | MDA >= -1.29
| | | | MNF1 < 40.42
| | | | | Brightness < 3.07
| | | | | | AC1 < 0.75 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | | AC1 >= 0.75 : Aco Galvanizado Brilhante (18/0)
| | | | | Brightness >= 3.07
| | | | | | AC19 < -0.05
| | | | | | | NDVI < 0.07 : Aco Galvanizado com Ferrugem (6/0)
| | | | | | | NDVI >= 0.07 : CRFS (1/0)
| | | | | | AC19 >= -0.05
| | | | | | | AC17 < -8641.97 : Galvalume B (5/0)
| | | | | | | AC17 >= -8641.97 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | MNF1 >= 40.42
| | | | | Brightness < 7.85
| | | | | | AC20 < 0.07
```

```
| | | | | | | MNF1 < 44.83
| | | | | | | | AC20 < 0.06
| | | | | | | | | AC14 < -0.08 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | | | | AC14 >= -0.08 : CRFS (1/0)
| | | | | | | | AC20 >= 0.06 : Aco Galvanizado Brilhante (2/0)
| | | | | | | MNF1 >= 44.83 : CRFS (3/0)
| | | | | | AC20 >= 0.07 : CRFS (9/0)
| | | | | Brightness >= 7.85
| | | | | | AC11 < 0.94
| | | | | | | AC17 < -9555.03 : Concreto Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | | AC17 >= -9555.03 : Acrilico (1/0)
| | | | | | AC11 >= 0.94 : Galvalume C (5/0)

Tamanho da Árvore:149
```

Árvore 3

```
MNF2 < 7.96
|   AC3 < -3622.31
|   |   B 2 < 10649.81
|   |   |   AC3 < -4972.37
|   |   |   |   AC9 < 0.96
|   |   |   |   |   AC5 < -20511.22 : Solo Exposto (13/0)
|   |   |   |   |   AC5 >= -20511.22 : Cerâmica Escura (3/0)
|   |   |   |   AC9 >= 0.96 : Cerâmica Escura (5/0)
|   |   |   AC3 >= -4972.37
|   |   |   |   B 7 < 19651.9
|   |   |   |   |   MNF1 < 39.15
|   |   |   |   |   |   NDVI < 0.14 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.14 : Bloquete (2/0)
|   |   |   |   |   MNF1 >= 39.15 : Cerâmica Escura (4/0)
|   |   |   |   B 7 >= 19651.9 : Vegetacao_Rasteira (12/0)
|   |   B 2 >= 10649.81
|   |   |   MNF2 < 2.51
|   |   |   |   AC10 < 0.97
|   |   |   |   |   AC1 < 0.62 : Concreto Pintado de Vermelho (4/0)
|   |   |   |   |   AC1 >= 0.62 : Bloquete (5/0)
|   |   |   |   AC10 >= 0.97
|   |   |   |   |   AC18 < -11171.21 : Ceramica Iluminada (5/0)
|   |   |   |   |   AC18 >= -11171.21 : Asfalto Pintado de Vermelho (19/0)
|   |   |   MNF2 >= 2.51
|   |   |   |   AC13 < 0.26
|   |   |   |   |   AC19 < -0.23
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.15 : Solo Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.15
|   |   |   |   |   |   |   AC22 < 0.04 : Concreto (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.04 : Asfalto (1/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.23
|   |   |   |   |   |   AC17 < -6546.47 : Concreto Pintado de Amarelo (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC17 >= -6546.47 : Acrilico (2/0)
|   |   |   |   AC13 >= 0.26
|   |   |   |   |   MNF2 < 5.44
|   |   |   |   |   |   AC10 < 0.94 : Concreto Pintado de Vermelho (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.94 : Cimento Pintado de Vermelho (14/0)
|   |   |   |   |   MNF2 >= 5.44 : Asfalto Pintado de Vermelho (2/0)
|   AC3 >= -3622.31
|   |   AC17 < -1178.81
|   |   |   SAVI < 0.21
|   |   |   |   AC20 < 0.17 : Amianto (1/0)
|   |   |   |   AC20 >= 0.17
|   |   |   |   |   AC10 < 0.83 : Lago (1/0)
```

```
| | | | | AC10 >= 0.83 : Asfalto (27/0)
| | | SAVI >= 0.21
| | | | B 7 < 18780.5
| | | | | AC9 < 0.92
| | | | | | AC17 < -1448.37
| | | | | | | B 8 < 13605.1 : Lago (1/0)
| | | | | | | B 8 >= 13605.1 : Amianto (31/0)
| | | | | | AC17 >= -1448.37 : Policarbonato (1/0)
| | | | | AC9 >= 0.92
| | | | | | AC21 < 0.04 : Vidro Aramado (6/0)
| | | | | | AC21 >= 0.04
| | | | | | | AC3 < -2799.16 : Asfalto (1/0)
| | | | | | | AC3 >= -2799.16 : Policarbonato (2/0)
| | | | B 7 >= 18780.5
| | | | | AC12 < 0.6 : Vegetacao_Rasteira (8/0)
| | | | | AC12 >= 0.6 : Cimento Pintado de Verde (2/0)
| | AC17 >= -1178.81
| | | AC12 < 0.47 : Vegetacao_Arborea (21/0)
| | | AC12 >= 0.47 : Sombra (23/0)
MNF2 >= 7.96
| B 5 < 21335.08
| | AC2 < 0.82
| | | AC1 < 0.74
| | | | AC18 < -5898.3
| | | | | B 1 < 13594.17 : Pastilha Esmaltada (9/0)
| | | | | B 1 >= 13594.17
| | | | | | AC8 < 0.82 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | AC8 >= 0.82 : Concreto Pintado de Amarelo (1/0)
| | | | AC18 >= -5898.3
| | | | | AC8 < 0.8
| | | | | | MNF2 < 13.65
| | | | | | | AC19 < -0.19 : Concreto (4/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.19 : Cimento (1/0)
| | | | | | MNF2 >= 13.65 : Concreto (8/0)
| | | | | AC8 >= 0.8 : Cimento (2/0)
| | | AC1 >= 0.74
| | | | AC20 < 0.12
| | | | | B 1 < 13661.81
| | | | | | AC15 < 0.7 : Concreto (1/0)
| | | | | | AC15 >= 0.7 : Asfalto Pintado de Branco (14/0)
| | | | | B 1 >= 13661.81
| | | | | | NDVI < 0.12 : Asfalto Pintado de Branco (5/0)
| | | | | | NDVI >= 0.12
| | | | | | | AC4 < -5758.12 : Cimento (1/0)
| | | | | | | AC4 >= -5758.12 : Fibra de Vidro (4/0)
| | | | AC20 >= 0.12
```

```
| | | | | AC22 < 0.04
| | | | | | AC20 < 0.13 : Concreto (4/0)
| | | | | | AC20 >= 0.13 : Asfalto Pintado de Branco (16/0)
| | | | | AC22 >= 0.04 : Concreto (5/0)
| | AC2 >= 0.82
| | | MNF1 < 41.91
| | | | AC16 < 0.81 : Asfalto Pintado de Branco (3/0)
| | | | AC16 >= 0.81 : Aco Galvanizado Fosco (11/0)
| | | MNF1 >= 41.91
| | | | AC16 < 0.84 : Acrilico (6/0)
| | | | AC16 >= 0.84
| | | | | AC14 < -0.13 : PIscina de Azulejo (3/0)
| | | | | AC14 >= -0.13 : Plastico (9/0)
| B 5 >= 21335.08
| | B 6 < 27210.4
| | | MDA < -1.66
| | | | MDA < -4.2
| | | | | B 6 < 23426.3 : Solo Exposto (2/0)
| | | | | B 6 >= 23426.3
| | | | | | AC17 < -8055.39 : Cimento Pintado de Vermelho (1/0)
| | | | | | AC17 >= -8055.39 : Piscina de Vinil (1/0)
| | | | MDA >= -4.2
| | | | | AC8 < 0.84 : Concreto Pintado de Amarelo (4/0)
| | | | | AC8 >= 0.84
| | | | | | AC21 < -0.04 : Cimento Pintado de Vermelho (1/0)
| | | | | | AC21 >= -0.04 : Pedra Mineira (11/0)
| | | MDA >= -1.66
| | | | AC17 < -8236.08 : Aco Galvanizado com Ferrugem (11/0)
| | | | AC17 >= -8236.08
| | | | | B 6 < 23524.19
| | | | | | SAVI < 0.09 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.09 : Aco Galvanizado com Ferrugem (7/0)
| | | | | B 6 >= 23524.19
| | | | | | SAVI < 0.1
| | | | | | | AC21 < -0.03 : CRFS (5/0)
| | | | | | | AC21 >= -0.03
| | | | | | | | AC16 < 0.69
| | | | | | | | | AC17 < -8008.25 : Aco Galvanizado Brilhante (3/0)
| | | | | | | | | AC17 >= -8008.25 : Aco Galvanizado com Ferrugem
(1/0)
| | | | | | | | AC16 >= 0.69 : Aco Galvanizado Brilhante (13/0)
| | | | | | SAVI >= 0.1
| | | | | | | AC15 < 0.75 : CRFS (6/0)
| | | | | | | AC15 >= 0.75 : Galvalume C (1/0)
| | B 6 >= 27210.4
| | | B 6 < 34429.46
```

```
| | | | MNF2 < 56.18
| | | | | Brightness < -0.98 : Concreto Impermeabilizado (14/0)
| | | | | Brightness >= -0.98
| | | | | | SAVI < 0.09 : Aco Galvanizado Brilhante (3/0)
| | | | | | SAVI >= 0.09
| | | | | | | AC21 < 0.02
| | | | | | | | AC17 < -7935.57 : Concreto Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | | | AC17 >= -7935.57 : Galvalume C (1/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.02 : Acrilico (2/0)
| | | | MNF2 >= 56.18
| | | | | AC10 < 1.14 : Galvalume C (13/0)
| | | | | AC10 >= 1.14 : Galvalume B (8/0)
| | | B 6 >= 34429.46
| | | | AC4 < -10266.61
| | | | | AC21 < -0.02 : Lona (1/0)
| | | | | AC21 >= -0.02 : Manta Asfaltica Aluminizada (3/0)
| | | | AC4 >= -10266.61
| | | | | AC3 < -7361.09 : Lona (2/0)
| | | | | AC3 >= -7361.09
| | | | | | AC20 < 0.04 : Galvalume A (36/0)
| | | | | | AC20 >= 0.04 : Manta Asfaltica Aluminizada (1/0)
```

Tamanho da Árvore:157

Árvore 4

```
AC2 < 0.7
|   AC15 < 0.66
|   |   AC13 < 0.22
|   |   |   AC21 < 0.01
|   |   |   |   AC1 < 0.69
|   |   |   |   |   Brightness < -6.85 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   Brightness >= -6.85 : Pedra Mineira (19/0)
|   |   |   |   AC1 >= 0.69 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
|   |   |   AC21 >= 0.01 : Concreto Pintado de Amarelo (10/0)
|   |   AC13 >= 0.22
|   |   |   AC17 < -7804.14
|   |   |   |   B 3 < 13035.85 : Asfalto Pintado de Vermelho (19/0)
|   |   |   |   B 3 >= 13035.85
|   |   |   |   |   B 8 < 21904.5
|   |   |   |   |   |   AC22 < -0.04 : Cimento Pintado de Vermelho (6/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= -0.04
|   |   |   |   |   |   |   AC16 < 0.58 : Solo Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.58 : Asfalto Pintado de Vermelho (3/0)
|   |   |   |   |   B 8 >= 21904.5
|   |   |   |   |   |   AC10 < 0.96 : Concreto Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.96
|   |   |   |   |   |   |   AC2 < 0.54
|   |   |   |   |   |   |   |   Brightness < 1.72 : Ceramica Iluminada (9/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   Brightness >= 1.72 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC2 >= 0.54 : Asfalto Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   AC17 >= -7804.14
|   |   |   |   AC16 < 0.63
|   |   |   |   |   AC15 < 0.59 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   AC15 >= 0.59 : Solo Exposto (10/0)
|   |   |   |   AC16 >= 0.63
|   |   |   |   |   NDVI < 0.12 : Concreto Pintado de Vermelho (4/0)
|   |   |   |   |   NDVI >= 0.12 : Solo Exposto (1/0)
|   AC15 >= 0.66
|   |   AC7 < 0.71
|   |   |   AC15 < 0.88 : Vegetacao_Rasteira (19/0)
|   |   |   AC15 >= 0.88 : Vegetacao_Arborea (12/0)
|   |   AC7 >= 0.71
|   |   |   Brightness < -2.86
|   |   |   |   SAVI < 0.18
|   |   |   |   |   AC13 < 0.25 : Cimento (1/0)
|   |   |   |   |   AC13 >= 0.25 : Cimento Pintado de Vermelho (10/0)
|   |   |   |   SAVI >= 0.18
|   |   |   |   |   AC19 < -0.33 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.33
```

```
| | | | | | AC10 < 0.92 : Bloquete (7/0)
| | | | | | AC10 >= 0.92 : Cimento Pintado de Vermelho (1/0)
| | | Brightness >= -2.86
| | | | AC14 < 0.28
| | | | | AC3 < -5655.69
| | | | | | AC21 < 0.03 : Manta Asfaltica Aluminizada (1/0)
| | | | | | AC21 >= 0.03
| | | | | | | SAVI < 0.2 : Concreto Pintado de Vermelho (1/0)
| | | | | | | SAVI >= 0.2 : Solo Exposto (1/0)
| | | | | AC3 >= -5655.69 : Pastilha Esmaltada (3/0)
| | | | AC14 >= 0.28 : Cerâmica Escura (6/0)
AC2 >= 0.7
| AC6 < -21720.44
| | B 1 < 23233.72
| | | Brightness < 5.98
| | | | MNF1 < 44.24
| | | | | AC2 < 0.77
| | | | | | AC20 < 0.05 : Lona (4/0)
| | | | | | AC20 >= 0.05 : Aco Galvanizado com Ferrugem (13/0)
| | | | | AC2 >= 0.77
| | | | | | AC20 < 0.07
| | | | | | | AC9 < 1.1
| | | | | | | | AC1 < 0.79
| | | | | | | | | AC20 < 0.05 : Aco Galvanizado Brilhante (3/0)
| | | | | | | | | AC20 >= 0.05 : Aco Galvanizado com Ferrugem (2/0)
| | | | | | | | AC1 >= 0.79 : Aco Galvanizado Brilhante (18/0)
| | | | | | | AC9 >= 1.1 : CRFS (3/0)
| | | | | | AC20 >= 0.07
| | | | | | | AC6 < -22394.61
| | | | | | | | NDVI < 0.09 : CRFS (2/0)
| | | | | | | | NDVI >= 0.09 : Piscina de Vinil (1/0)
| | | | | | | AC6 >= -22394.61 : Aco Galvanizado com Ferrugem (2/0)
| | | | MNF1 >= 44.24
| | | | | AC19 < -0.03 : Concreto Impermeabilizado (21/0)
| | | | | AC19 >= -0.03 : CRFS (1/0)
| | | Brightness >= 5.98
| | | | AC21 < -0.05 : Galvalume B (7/0)
| | | | AC21 >= -0.05
| | | | | AC22 < -0.03 : Galvalume C (12/0)
| | | | | AC22 >= -0.03
| | | | | | NDVI < 0.08 : Concreto Impermeabilizado (4/0)
| | | | | | NDVI >= 0.08
| | | | | | | AC17 < -7477.94 : Acrilico (1/0)
| | | | | | | AC17 >= -7477.94 : Galvalume C (1/0)
| | B 1 >= 23233.72
| | | AC16 < 0.61 : Manta Asfaltica Aluminizada (7/0)
```

```
| | | AC16 >= 0.61
| | | | AC22 < -0.05 : Galvalume A (29/0)
| | | | AC22 >= -0.05 : Manta Asfaltica Aluminizada (1/0)
| AC6 >= -21720.44
| | B 4 < 13539.82
| | | AC9 < 0.93
| | | | B 5 < 11606.21 : Sombra (24/0)
| | | | B 5 >= 11606.21
| | | | | Brightness < -2.36
| | | | | | AC13 < 0.34 : Bloquete (2/0)
| | | | | | AC13 >= 0.34
| | | | | | | AC21 < 0.05 : Cerâmica Escura (2/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.05 : Lago (2/0)
| | | | | Brightness >= -2.36
| | | | | | AC19 < -0.37 : Cerâmica Escura (1/0)
| | | | | | AC19 >= -0.37 : Amianto (27/0)
| | | AC9 >= 0.93
| | | | AC6 < -13960.95
| | | | | AC14 < 0.2 : Asfalto (27/0)
| | | | | AC14 >= 0.2 : Carvao_Coque (1/0)
| | | | AC6 >= -13960.95
| | | | | AC4 < -1279.38 : Vidro Aramado (6/0)
| | | | | AC4 >= -1279.38 : Policarbonato (4/0)
| | B 4 >= 13539.82
| | | AC18 < -2813.64
| | | | Brightness < 0.21
| | | | | B 8 < 19280.53
| | | | | | AC18 < -4511.68
| | | | | | | AC16 < 0.73 : Concreto (6/0)
| | | | | | | AC16 >= 0.73 : Cimento (1/0)
| | | | | | AC18 >= -4511.68
| | | | | | | AC19 < -0.15
| | | | | | | | AC21 < 0.03 : Concreto (10/0)
| | | | | | | | AC21 >= 0.03
| | | | | | | | | AC3 < -4105.49 : Concreto (1/0)
| | | | | | | | | AC3 >= -4105.49 : Asfalto Pintado de Branco (3/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.15 : Asfalto Pintado de Branco (3/0)
| | | | | B 8 >= 19280.53
| | | | | | AC17 < -6372.46 : Cimento (3/0)
| | | | | | AC17 >= -6372.46 : Asfalto Pintado de Branco (23/0)
| | | | Brightness >= 0.21
| | | | | AC18 < -5688.78
| | | | | | AC12 < 0.92 : Fibra de Vidro (4/0)
| | | | | | AC12 >= 0.92 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | AC18 >= -5688.78 : Acrilico (7/0)
| | | AC18 >= -2813.64
```

```
|   |   |   |   AC19 < 0.03
|   |   |   |   |   AC5 < -22809.48 : Plastico (11/0)
|   |   |   |   |   AC5 >= -22809.48
|   |   |   |   |   |   AC9 < 0.98 : Plastico (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC9 >= 0.98 : Aco Galvanizado Fosco (22/0)
|   |   |   |   AC19 >= 0.03 : PIscina de Azulejo (5/0)
```

Tamanho da Árvore:143

Árvore 5

```
AC12 < 0.74
|   AC2 < 0.78
|   |   B 4 < 13167.27
|   |   |   AC21 < 0.2
|   |   |   |   AC5 < -19870.04
|   |   |   |   |   AC17 < -4395.07
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.06 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.06 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   AC17 >= -4395.07 : Vegetacao_Rasteira (19/0)
|   |   |   |   AC5 >= -19870.04
|   |   |   |   |   AC19 < -0.35 : Cerâmica Escura (11/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.35 : Bloquete (1/0)
|   |   |   AC21 >= 0.2 : Vegetacao_Arborea (23/0)
|   |   B 4 >= 13167.27
|   |   |   AC21 < 0.02
|   |   |   |   MNF2 < 0.45
|   |   |   |   |   B 4 < 16004.48
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.04 : Cerâmica Escura (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.04 : Concreto Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   B 4 >= 16004.48
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.01 : Asfalto Pintado de Vermelho (15/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.01 : Concreto Pintado de Vermelho (1/0)
|   |   |   |   MNF2 >= 0.45
|   |   |   |   |   MDA < -4.56
|   |   |   |   |   |   AC21 < -0.01
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.06 : Ceramica Iluminada (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.06 : Asfalto Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.01 : Solo Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   MDA >= -4.56
|   |   |   |   |   |   AC16 < 0.52 : Ceramica Iluminada (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.52 : Cimento Pintado de Vermelho (18/0)
|   |   |   AC21 >= 0.02
|   |   |   |   AC15 < 0.67
|   |   |   |   |   AC1 < 0.54 : Ceramica Iluminada (4/0)
|   |   |   |   |   AC1 >= 0.54 : Solo Exposto (14/0)
|   |   |   |   AC15 >= 0.67 : Bloquete (10/0)
|   AC2 >= 0.78
|   |   AC7 < 0.75
|   |   |   AC15 < 0.89
|   |   |   |   AC10 < 0.82
|   |   |   |   |   MNF1 < 39.39 : Lago (2/0)
|   |   |   |   |   MNF1 >= 39.39 : Amianto (15/0)
|   |   |   |   AC10 >= 0.82
|   |   |   |   |   AC19 < -0.3
```

```
| | | | | | AC1 < 0.78 : Vidro Aramado (8/0)
| | | | | | AC1 >= 0.78 : Policarbonato (3/0)
| | | | | AC19 >= -0.3
| | | | | | AC8 < 0.68 : Cimento Pintado de Verde (1/0)
| | | | | | AC8 >= 0.68 : Amianto (4/0)
| | | AC15 >= 0.89 : Sombra (23/0)
| | AC7 >= 0.75
| | | AC5 < -16684.98 : Asfalto (23/0)
| | | AC5 >= -16684.98 : Lago (2/0)
AC12 >= 0.74
| AC13 < 0.08
| | B 7 < 36098.74
| | | AC10 < 1.02
| | | | AC16 < 1.08 : Concreto Impermeabilizado (12/0)
| | | | AC16 >= 1.08 : PIscina de Azulejo (5/0)
| | | AC10 >= 1.02
| | | | AC5 < -29513.45
| | | | | AC10 < 1.13
| | | | | | MNF1 < 40.79
| | | | | | | NDVI < 0.06 : Aco Galvanizado Brilhante (8/0)
| | | | | | | NDVI >= 0.06
| | | | | | | | AC19 < -0.05 : Concreto Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | | | AC19 >= -0.05 : Galvalume C (1/0)
| | | | | | MNF1 >= 40.79
| | | | | | | AC6 < -25903.7 : Galvalume C (9/0)
| | | | | | | AC6 >= -25903.7
| | | | | | | | AC19 < 0 : Galvalume C (1/0)
| | | | | | | | AC19 >= 0 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | AC10 >= 1.13 : Galvalume B (7/0)
| | | | AC5 >= -29513.45
| | | | | AC22 < -0.03
| | | | | | AC20 < 0.06 : CRFS (3/0)
| | | | | | AC20 >= 0.06 : Piscina de Vinil (2/0)
| | | | | AC22 >= -0.03
| | | | | | AC6 < -24481.21 : Aco Galvanizado com Ferrugem (5/0)
| | | | | | AC6 >= -24481.21
| | | | | | | AC12 < 1.04
| | | | | | | | AC10 < 1.03 : Aco Galvanizado Brilhante (2/0)
| | | | | | | | AC10 >= 1.03 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | | AC12 >= 1.04 : Aco Galvanizado Brilhante (11/0)
| | B 7 >= 36098.74
| | | AC2 < 0.74
| | | | AC1 < 0.78 : Lona (5/0)
| | | | AC1 >= 0.78 : Manta Asfaltica Aluminizada (5/0)
| | | AC2 >= 0.74
| | | | SAVI < 0.04
```

```
| | | | | AC12 < 1.33 : Manta Asfaltica Aluminizada (1/0)
| | | | | AC12 >= 1.33 : Galvalume A (6/0)
| | | | SAVI >= 0.04 : Galvalume A (34/0)
| AC13 >= 0.08
| | MDA < -1.07
| | | AC1 < 0.69
| | | | AC22 < -0.01
| | | | | AC7 < 0.85
| | | | | | MDA < -6.44 : Solo Exposto (5/0)
| | | | | | MDA >= -6.44 : Pedra Mineira (5/0)
| | | | | AC7 >= 0.85 : Pedra Mineira (15/0)
| | | | AC22 >= -0.01
| | | | | NDVI < 0.1 : Cimento (3/0)
| | | | | NDVI >= 0.1 : Concreto Pintado de Amarelo (7/0)
| | | AC1 >= 0.69
| | | | MNF1 < 40.78
| | | | | AC6 < -19070.65 : Asfalto Pintado de Branco (19/0)
| | | | | AC6 >= -19070.65
| | | | | | AC1 < 0.76
| | | | | | | AC18 < -5400.65 : Cimento (3/0)
| | | | | | | AC18 >= -5400.65
| | | | | | | | AC7 < 0.77 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | | | AC7 >= 0.77 : Concreto (17/0)
| | | | | | AC1 >= 0.76 : Asfalto Pintado de Branco (12/0)
| | | | MNF1 >= 40.78
| | | | | AC18 < -4365.51
| | | | | | AC17 < -6393.79 : Piscina de Vinil (2/0)
| | | | | | AC17 >= -6393.79 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | AC18 >= -4365.51 : Plastico (7/0)
| | MDA >= -1.07
| | | SAVI < 0.17
| | | | AC5 < -22918.96
| | | | | AC19 < -0.12 : Acrilico (2/0)
| | | | | AC19 >= -0.12 : Aco Galvanizado com Ferrugem (13/0)
| | | | AC5 >= -22918.96 : Aco Galvanizado Fosco (18/0)
| | | SAVI >= 0.17
| | | | MNF1 < 40.2
| | | | | AC15 < 0.69 : Pastilha Esmaltada (5/0)
| | | | | AC15 >= 0.69 : Fibra de Vidro (7/0)
| | | | MNF1 >= 40.2
| | | | | AC15 < 0.69 : CRFS (2/0)
| | | | | AC15 >= 0.69 : Acrilico (10/0)
```

Tamanho da Árvore:133

Árvore 6

```
AC11 < 0.63
|   AC5 < -19918.64
|   |   AC3 < -4942.61
|   |   |   AC22 < 0.01
|   |   |   |   MNF1 < 46.92
|   |   |   |   |   AC8 < 0.85
|   |   |   |   |   |   AC4 < -8506.97 : Solo Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   |   AC4 >= -8506.97
|   |   |   |   |   |   |   AC21 < -0.02 : Asfalto Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.02 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   AC8 >= 0.85
|   |   |   |   |   |   AC21 < -0.02 : Cimento Pintado de Vermelho (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.02 : Ceramica Iluminada (7/0)
|   |   |   |   MNF1 >= 46.92
|   |   |   |   |   AC21 < -0.06 : Cimento Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= -0.06 : Asfalto Pintado de Vermelho (21/0)
|   |   |   AC22 >= 0.01
|   |   |   |   AC2 < 0.64
|   |   |   |   |   Brightness < 0.28
|   |   |   |   |   |   B 7 < 20505.17 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 7 >= 20505.17 : Solo Exposto (14/0)
|   |   |   |   |   Brightness >= 0.28 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   AC2 >= 0.64
|   |   |   |   |   MNF1 < 40.53
|   |   |   |   |   |   AC7 < 0.78
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.15 : Bloquete (7/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.15 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC7 >= 0.78
|   |   |   |   |   |   |   AC22 < 0.04 : Concreto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.04 : Concreto Pintado de Vermelho (3/0)
|   |   |   |   |   MNF1 >= 40.53 : Cimento Pintado de Vermelho (13/0)
|   |   AC3 >= -4942.61
|   |   |   AC15 < 0.88 : Vegetacao_Rasteira (23/0)
|   |   |   AC15 >= 0.88 : Vegetacao_Arborea (14/0)
|   AC5 >= -19918.64
|   |   AC10 < 0.84
|   |   |   B 8 < 13558.5
|   |   |   |   Brightness < -9.66 : Lago (3/0)
|   |   |   |   Brightness >= -9.66 : Sombra (24/0)
|   |   |   B 8 >= 13558.5
|   |   |   |   AC9 < 0.92
|   |   |   |   |   B 1 < 10186.98
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.11 : Cerâmica Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.11 : Vegetacao_Arborea (4/0)
```

```
| | | | | B 1 >= 10186.98
| | | | | | MNF1 < 39.83 : Cimento Pintado de Verde (3/0)
| | | | | | MNF1 >= 39.83 : Amianto (29/0)
| | | | AC9 >= 0.92
| | | | | AC13 < 0.34 : Vidro Aramado (7/0)
| | | | | AC13 >= 0.34 : Cerâmica Escura (1/0)
| | AC10 >= 0.84
| | | AC14 < 0.2
| | | | AC9 < 0.93 : Policarbonato (2/0)
| | | | AC9 >= 0.93 : Asfalto (28/0)
| | | AC14 >= 0.2
| | | | AC12 < 0.63 : Cerâmica Escura (5/0)
| | | | AC12 >= 0.63 : Carvao_Coque (2/0)
AC11 >= 0.63
| B 5 < 21390.7
| | AC1 < 0.82
| | | MDA < 0.2
| | | | AC6 < -18973.63
| | | | | AC4 < -6563.69 : Concreto Pintado de Amarelo (3/0)
| | | | | AC4 >= -6563.69 : Asfalto Pintado de Branco (19/0)
| | | | AC6 >= -18973.63
| | | | | AC1 < 0.75
| | | | | | B 1 < 12818.99
| | | | | | | AC16 < 0.75 : Cimento (7/0)
| | | | | | | AC16 >= 0.75 : Concreto (4/0)
| | | | | | B 1 >= 12818.99 : Concreto (7/0)
| | | | | AC1 >= 0.75
| | | | | | AC19 < -0.17 : Asfalto Pintado de Branco (9/0)
| | | | | | AC19 >= -0.17 : Concreto (2/0)
| | | MDA >= 0.2
| | | | AC12 < 0.8 : Acrilico (7/0)
| | | | AC12 >= 0.8
| | | | | AC18 < -6338.52 : Fibra de Vidro (3/0)
| | | | | AC18 >= -6338.52 : Pastilha Esmaltada (1/0)
| | AC1 >= 0.82
| | | AC18 < -1996.55
| | | | Brightness < -0.96 : Plastico (9/0)
| | | | Brightness >= -0.96
| | | | | AC21 < -0.01 : Aco Galvanizado Fosco (3/0)
| | | | | AC21 >= -0.01 : Acrilico (4/0)
| | | AC18 >= -1996.55
| | | | AC20 < 0.15 : Aco Galvanizado Fosco (20/0)
| | | | AC20 >= 0.15 : PIscina de Azulejo (1/0)
| B 5 >= 21390.7
| | MNF2 < 54.99
| | | AC6 < -27230.83
```

```
| | | | AC21 < 0.03 : Concreto Impermeabilizado (17/0)
| | | | AC21 >= 0.03
| | | | | AC17 < -8166.93 : Acrilico (5/0)
| | | | | AC17 >= -8166.93 : Concreto Impermeabilizado (2/0)
| | | AC6 >= -27230.83
| | | | AC16 < 0.6
| | | | | AC8 < 0.83 : Concreto Pintado de Amarelo (1/0)
| | | | | AC8 >= 0.83 : Pedra Mineira (17/0)
| | | | AC16 >= 0.6
| | | | | AC13 < 0.06
| | | | | | AC21 < -0.03 : CRFS (6/0)
| | | | | | AC21 >= -0.03
| | | | | | | MDA < 7.86 : Aco Galvanizado Brilhante (10/0)
| | | | | | | MDA >= 7.86 : Galvalume C (3/0)
| | | | | AC13 >= 0.06
| | | | | | AC3 < -6002.24 : Aco Galvanizado com Ferrugem (15/0)
| | | | | | AC3 >= -6002.24
| | | | | | | B 5 < 23975.09
| | | | | | | | AC3 < -5024.75 : Aco Galvanizado com Ferrugem (5/0)
| | | | | | | | AC3 >= -5024.75 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | | B 5 >= 23975.09
| | | | | | | | NDVI < 0.07 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | | | NDVI >= 0.07 : CRFS (7/0)
| | MNF2 >= 54.99
| | | B 2 < 28097.93
| | | | AC17 < -9062.32
| | | | | AC17 < -10927.87
| | | | | | AC21 < -0.04 : Galvalume C (2/0)
| | | | | | AC21 >= -0.04 : Lona (1/0)
| | | | | AC17 >= -10927.87 : Galvalume B (9/0)
| | | | AC17 >= -9062.32 : Galvalume C (12/0)
| | | B 2 >= 28097.93
| | | | B 6 < 54084.91 : Galvalume A (45/0)
| | | | B 6 >= 54084.91 : Manta Asfaltica Aluminizada (3/0)

Tamanho da Árvore:125
```

Árvore 7

```
AC14 < 0.15
|   B 2 < 17244.43
|   |   Brightness < -1.32
|   |   |   AC4 < -6600.68
|   |   |   |   AC8 < 0.85 : Concreto Pintado de Amarelo (4/0)
|   |   |   |   AC8 >= 0.85
|   |   |   |   |   AC7 < 0.85
|   |   |   |   |   |   AC16 < 0.56 : Solo Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.56 : Pedra Mineira (1/0)
|   |   |   |   |   AC7 >= 0.85 : Pedra Mineira (20/0)
|   |   |   AC4 >= -6600.68
|   |   |   |   B 1 < 12835.73
|   |   |   |   |   AC21 < 0.01 : Cimento (4/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= 0.01 : Concreto (11/0)
|   |   |   |   B 1 >= 12835.73
|   |   |   |   |   AC2 < 0.84
|   |   |   |   |   |   AC15 < 0.68 : Cimento (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.68
|   |   |   |   |   |   |   AC3 < -4965.62
|   |   |   |   |   |   |   |   AC11 < 0.74 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.74 : Concreto (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC3 >= -4965.62
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 < 0.76 : Asfalto Pintado de Branco (23/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 >= 0.76
|   |   |   |   |   |   |   |   |   Brightness < -2.96
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC21 < -0.01 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.01 : Concreto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   Brightness >= -2.96 : Asfalto Pintado de Branco (4/0)
|   |   |   |   |   AC2 >= 0.84
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.01
|   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.14 : Aco Galvanizado Fosco (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.14 : Asfalto Pintado de Branco (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.01 : Plastico (6/0)
|   |   Brightness >= -1.32
|   |   |   AC16 < 0.84
|   |   |   |   AC19 < -0.12
|   |   |   |   |   AC3 < -4087.45
|   |   |   |   |   |   MDA < 12.16
|   |   |   |   |   |   |   B 2 < 13191.87 : Pastilha Esmaltada (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 2 >= 13191.87 : Fibra de Vidro (10/0)
|   |   |   |   |   |   MDA >= 12.16 : Pastilha Esmaltada (5/0)
|   |   |   |   |   AC3 >= -4087.45 : Acrilico (8/0)
|   |   |   |   AC19 >= -0.12 : Aco Galvanizado com Ferrugem (4/0)
|   |   |   AC16 >= 0.84 : Aco Galvanizado Fosco (18/0)
```

```
|   B 2 >= 17244.43
|   |   B 6 < 34429.46
|   |   |   MNF2 < 52.25
|   |   |   |   NDVI < 0.07
|   |   |   |   |   AC7 < 0.89
|   |   |   |   |   |   MDA < 3.03
|   |   |   |   |   |   |   AC17 < -8327.32 : Aco Galvanizado com Ferrugem (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC17 >= -8327.32
|   |   |   |   |   |   |   |   AC12 < 1
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC20 < 0.06 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC20 >= 0.06 : Aco Galvanizado Brilhante (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC12 >= 1 : Aco Galvanizado Brilhante (6/0)
|   |   |   |   |   |   MDA >= 3.03 : Aco Galvanizado com Ferrugem (14/0)
|   |   |   |   |   AC7 >= 0.89
|   |   |   |   |   |   AC15 < 0.67 : Piscina de Vinil (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.67
|   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.07 : CRFS (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.07 : Aco Galvanizado Brilhante (6/0)
|   |   |   |   NDVI >= 0.07
|   |   |   |   |   B 2 < 23146.11
|   |   |   |   |   |   AC17 < -6815.48
|   |   |   |   |   |   |   AC4 < -7878.27 : Acrilico (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC4 >= -7878.27 : CRFS (4/0)
|   |   |   |   |   |   AC17 >= -6815.48
|   |   |   |   |   |   |   AC6 < -20738.35
|   |   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.13 : Galvalume C (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.13 : Piscina de Vinil (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC6 >= -20738.35 : Plastico (4/0)
|   |   |   |   |   B 2 >= 23146.11 : Concreto Impermeabilizado (15/0)
|   |   |   MNF2 >= 52.25
|   |   |   |   AC17 < -644.7
|   |   |   |   |   AC16 < 0.66 : Galvalume B (2/0)
|   |   |   |   |   AC16 >= 0.66 : Galvalume C (16/0)
|   |   |   |   AC17 >= -644.7 : PIscina de Azulejo (8/0)
|   |   B 6 >= 34429.46
|   |   |   AC4 < -9914.29
|   |   |   |   AC1 < 0.78 : Lona (3/0)
|   |   |   |   AC1 >= 0.78 : Manta Asfaltica Aluminizada (8/0)
|   |   |   AC4 >= -9914.29
|   |   |   |   AC15 < 0.63 : Lona (1/0)
|   |   |   |   AC15 >= 0.63 : Galvalume A (36/0)
AC14 >= 0.15
|   AC1 < 0.71
|   |   AC17 < -7804.14
|   |   |   AC19 < -0.33 : Asfalto Pintado de Vermelho (21/0)
|   |   |   AC19 >= -0.33
```

```
| | | | AC9 < 1.04
| | | | | AC5 < -25638.4 : Ceramica Iluminada (7/0)
| | | | | AC5 >= -25638.4
| | | | | | AC20 < 0.11 : Solo Exposto (1/0)
| | | | | | AC20 >= 0.11 : Concreto Pintado de Vermelho (1/0)
| | | | AC9 >= 1.04
| | | | | AC15 < 0.58 : Cimento Pintado de Vermelho (6/0)
| | | | | AC15 >= 0.58 : Asfalto Pintado de Vermelho (1/0)
| | AC17 >= -7804.14
| | | AC13 < 0.33
| | | | AC18 < -5740.37
| | | | | AC16 < 0.63 : Solo Exposto (8/0)
| | | | | AC16 >= 0.63 : Concreto Pintado de Vermelho (4/0)
| | | | AC18 >= -5740.37
| | | | | MNF2 < 2.79
| | | | | | AC19 < -0.31 : Solo Exposto (3/0)
| | | | | | AC19 >= -0.31 : Bloquete (9/0)
| | | | | MNF2 >= 2.79 : Cimento Pintado de Vermelho (5/0)
| | | AC13 >= 0.33
| | | | MNF2 < -4.96
| | | | | AC4 < -5402.4 : Solo Exposto (3/0)
| | | | | AC4 >= -5402.4 : Cerâmica Escura (1/0)
| | | | MNF2 >= -4.96 : Cerâmica Escura (15/0)
| AC1 >= 0.71
| | B 5 < 11606.21
| | | B 6 < 10466.48 : Sombra (27/0)
| | | B 6 >= 10466.48 : Vegetacao_Arborea (21/0)
| | B 5 >= 11606.21
| | | AC12 < 0.67
| | | | NDVI < 0.19
| | | | | AC5 < -17517.78
| | | | | | Brightness < -2.46 : Carvao_Coque (1/0)
| | | | | | Brightness >= -2.46
| | | | | | | AC22 < 0.09 : Policarbonato (1/0)
| | | | | | | AC22 >= 0.09 : Amianto (21/0)
| | | | | AC5 >= -17517.78
| | | | | | SAVI < 0.24 : Vidro Aramado (6/0)
| | | | | | SAVI >= 0.24 : Amianto (5/0)
| | | | NDVI >= 0.19 : Vegetacao_Rasteira (12/0)
| | | AC12 >= 0.67
| | | | AC9 < 0.93
| | | | | AC12 < 0.7 : Cimento Pintado de Verde (5/0)
| | | | | AC12 >= 0.7
| | | | | | AC11 < 0.58 : Amianto (1/0)
| | | | | | AC11 >= 0.58 : Policarbonato (2/0)
| | | | AC9 >= 0.93
```

```
|   |   |   |   AC22 < 0.1 : Asfalto (27/0)
|   |   |   |   AC22 >= 0.1 : Lago (3/0)
```

Tamanho da Árvore:139

Árvore 8

```
B 5 < 20521.12
|   AC14 < 0.15
|   |   AC4 < -2737.93
|   |   |   MDA < 0.21
|   |   |   |   B 2 < 12761.25 : Concreto (10/0)
|   |   |   |   B 2 >= 12761.25
|   |   |   |   |   AC1 < 0.74
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.02 : Cimento (4/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.02 : Concreto (1/0)
|   |   |   |   |   AC1 >= 0.74
|   |   |   |   |   |   AC15 < 0.68 : Cimento (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.68
|   |   |   |   |   |   |   AC11 < 0.73 : Asfalto Pintado de Branco (24/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.73
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 < -4267.64 : Asfalto Pintado de Branco (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 >= -4267.64 : Concreto (1/0)
|   |   |   MDA >= 0.21
|   |   |   |   AC18 < -5688.78
|   |   |   |   |   AC19 < -0.18 : Pastilha Esmaltada (2/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= -0.18 : Fibra de Vidro (3/0)
|   |   |   |   AC18 >= -5688.78 : Acrilico (10/0)
|   |   AC4 >= -2737.93
|   |   |   AC7 < 0.8
|   |   |   |   AC18 < -1526.96 : Plastico (16/0)
|   |   |   |   AC18 >= -1526.96 : Asfalto (1/0)
|   |   |   AC7 >= 0.8
|   |   |   |   B 2 < 17617.04 : Aco Galvanizado Fosco (22/0)
|   |   |   |   B 2 >= 17617.04
|   |   |   |   |   AC19 < 0.03 : Plastico (1/0)
|   |   |   |   |   AC19 >= 0.03 : PIscina de Azulejo (4/0)
|   AC14 >= 0.15
|   |   AC22 < 0.08
|   |   |   AC18 < -2535
|   |   |   |   MNF1 < 40.12
|   |   |   |   |   AC1 < 0.63
|   |   |   |   |   |   B 8 < 17167.4 : Cerâmica Escura (5/0)
|   |   |   |   |   |   B 8 >= 17167.4 : Solo Exposto (13/0)
|   |   |   |   |   AC1 >= 0.63
|   |   |   |   |   |   AC14 < 0.25 : Bloquete (8/0)
|   |   |   |   |   |   AC14 >= 0.25 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   MNF1 >= 40.12
|   |   |   |   |   AC13 < 0.33
|   |   |   |   |   |   B 4 < 15135.01 : Cimento Pintado de Vermelho (9/0)
|   |   |   |   |   |   B 4 >= 15135.01 : Concreto Pintado de Vermelho (6/0)
```

```
| | | | | AC13 >= 0.33
| | | | | | AC11 < 0.5 : Cerâmica Escura (8/0)
| | | | | | AC11 >= 0.5 : Solo Exposto (2/0)
| | | AC18 >= -2535
| | | | AC4 < -2376.23
| | | | | SAVI < 0.2 : Amianto (1/0)
| | | | | SAVI >= 0.2 : Carvao_Coque (1/0)
| | | | AC4 >= -2376.23 : Asfalto (27/0)
| | AC22 >= 0.08
| | | B 2 < 8811.46
| | | | AC21 < 0.15 : Sombra (34/0)
| | | | AC21 >= 0.15 : Vegetacao_Arborea (17/0)
| | | B 2 >= 8811.46
| | | | AC5 < -19960.37 : Vegetacao_Rasteira (12/0)
| | | | AC5 >= -19960.37
| | | | | AC22 < 0.09
| | | | | | AC1 < 0.79
| | | | | | | AC21 < 0.04 : Vidro Aramado (2/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.04
| | | | | | | | AC8 < 0.68 : Asfalto (1/0)
| | | | | | | | AC8 >= 0.68 : Cimento Pintado de Verde (1/0)
| | | | | | AC1 >= 0.79 : Policarbonato (4/0)
| | | | | AC22 >= 0.09
| | | | | | AC21 < 0.04
| | | | | | | AC6 < -12995.82 : Vidro Aramado (5/0)
| | | | | | | AC6 >= -12995.82 : Lago (2/0)
| | | | | | AC21 >= 0.04
| | | | | | | AC19 < -0.37 : Cerâmica Escura (4/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.37
| | | | | | | | AC18 < 379.92 : Amianto (28/0)
| | | | | | | | AC18 >= 379.92 : Sombra (1/0)
B 5 >= 20521.12
| AC5 < -31568.47
| | AC5 < -36380.61
| | | AC14 < -0.11 : Galvalume A (40/0)
| | | AC14 >= -0.11
| | | | AC4 < -10506.71 : Manta Asfaltica Aluminizada (6/0)
| | | | AC4 >= -10506.71
| | | | | B 3 < 42445.78 : Lona (4/0)
| | | | | B 3 >= 42445.78 : Galvalume A (1/0)
| | AC5 >= -36380.61
| | | AC10 < 1.08
| | | | NDVI < 0.11 : Concreto Impermeabilizado (15/0)
| | | | NDVI >= 0.11 : Acrilico (1/0)
| | | AC10 >= 1.08
| | | | AC21 < -0.05 : Galvalume B (7/0)
```

```
| | | | AC21 >= -0.05
| | | | | MNF1 < 39.91 : Aco Galvanizado Brilhante (3/0)
| | | | | MNF1 >= 39.91
| | | | | | AC4 < -12492.08 : Ceramica Iluminada (1/0)
| | | | | | AC4 >= -12492.08 : Galvalume C (2/0)
| AC5 >= -31568.47
| | AC1 < 0.69
| | | AC19 < -0.24
| | | | B 3 < 12757.09 : Asfalto Pintado de Vermelho (12/0)
| | | | B 3 >= 12757.09
| | | | | AC13 < 0.31
| | | | | | B 6 < 23242.15 : Asfalto Pintado de Vermelho (2/0)
| | | | | | B 6 >= 23242.15 : Cimento Pintado de Vermelho (3/0)
| | | | | AC13 >= 0.31 : Ceramica Iluminada (7/0)
| | | AC19 >= -0.24
| | | | AC21 < 0.01
| | | | | SAVI < 0.12 : Pedra Mineira (14/0)
| | | | | SAVI >= 0.12
| | | | | | AC22 < -0.02 : Pedra Mineira (2/0)
| | | | | | AC22 >= -0.02
| | | | | | | AC19 < -0.2
| | | | | | | | NDVI < 0.08 : Solo Exposto (1/0)
| | | | | | | | NDVI >= 0.08 : Pedra Mineira (1/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.2 : Solo Exposto (2/0)
| | | | AC21 >= 0.01 : Concreto Pintado de Amarelo (5/0)
| | AC1 >= 0.69
| | | MDA < 7.79
| | | | MNF1 < 37.84
| | | | | AC2 < 0.77 : Aco Galvanizado com Ferrugem (16/0)
| | | | | AC2 >= 0.77 : Aco Galvanizado Brilhante (2/0)
| | | | MNF1 >= 37.84
| | | | | AC7 < 0.87
| | | | | | AC15 < 0.71 : CRFS (7/0)
| | | | | | AC15 >= 0.71
| | | | | | | AC19 < -0.11
| | | | | | | | AC21 < 0.02 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | | | AC21 >= 0.02 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.11 : Piscina de Vinil (2/0)
| | | | | AC7 >= 0.87
| | | | | | AC9 < 1.09
| | | | | | | AC16 < 0.69
| | | | | | | | AC22 < -0.03 : Aco Galvanizado Brilhante (5/0)
| | | | | | | | AC22 >= -0.03 : Aco Galvanizado com Ferrugem (2/0)
| | | | | | | AC16 >= 0.69 : Aco Galvanizado Brilhante (14/0)
| | | | | | AC9 >= 1.09
| | | | | | | AC22 < -0.04 : CRFS (1/0)
```

```
|   |   |   |   |   |   AC22 >= -0.04 : Piscina de Vinil (2/0)
|   |   |   MDA >= 7.79
|   |   |   |   SAVI < 0.15 : Galvalume C (9/0)
|   |   |   |   SAVI >= 0.15 : Pastilha Esmaltada (3/0)
```

Tamanho da Árvore:141

Árvore 9

```
AC4 < -2928.78
|   AC19 < -0.24
|   |   B 5 < 15406.65
|   |   |   SAVI < 0.42
|   |   |   |   AC6 < -16654.27 : Vegetacao_Rasteira (13/0)
|   |   |   |   AC6 >= -16654.27
|   |   |   |   |   AC12 < 0.6 : Cerâmica Escura (9/0)
|   |   |   |   |   AC12 >= 0.6 : Bloquete (2/0)
|   |   |   SAVI >= 0.42 : Vegetacao_Arborea (16/0)
|   |   B 5 >= 15406.65
|   |   |   B 1 < 11443.83
|   |   |   |   AC2 < 0.63
|   |   |   |   |   AC9 < 0.97 : Solo Exposto (21/0)
|   |   |   |   |   AC9 >= 0.97
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.15 : Solo Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.15 : Cerâmica Escura (2/0)
|   |   |   |   AC2 >= 0.63
|   |   |   |   |   B 8 < 17770.79
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.2 : Cerâmica Escura (2/0)
|   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.2 : Solo Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   B 8 >= 17770.79 : Bloquete (9/0)
|   |   |   B 1 >= 11443.83
|   |   |   |   AC1 < 0.57
|   |   |   |   |   AC8 < 0.87
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.02 : Asfalto Pintado de Vermelho (22/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.02
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.12 : Concreto Pintado de Vermelho (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.12 : Ceramica Iluminada (2/0)
|   |   |   |   |   AC8 >= 0.87
|   |   |   |   |   |   AC22 < -0.05 : Cimento Pintado de Vermelho (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= -0.05 : Ceramica Iluminada (6/0)
|   |   |   |   AC1 >= 0.57
|   |   |   |   |   MDA < -3.25
|   |   |   |   |   |   MNF1 < 39.83
|   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.13 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.13 : Bloquete (1/0)
|   |   |   |   |   |   MNF1 >= 39.83 : Cimento Pintado de Vermelho (14/0)
|   |   |   |   |   MDA >= -3.25 : Concreto Pintado de Vermelho (6/0)
|   AC19 >= -0.24
|   |   NDVI < 0.08
|   |   |   B 4 < 34109.19
|   |   |   |   B 2 < 18898.18
|   |   |   |   |   AC1 < 0.69
|   |   |   |   |   |   B 2 < 13811.93 : Solo Exposto (1/0)
```

```
| | | | | | B 2 >= 13811.93 : Pedra Mineira (10/0)
| | | | | AC1 >= 0.69
| | | | | | B 8 < 23627.14 : Aco Galvanizado com Ferrugem (17/0)
| | | | | | B 8 >= 23627.14
| | | | | | | AC18 < -9082.28 : Aco Galvanizado com Ferrugem (2/0)
| | | | | | | AC18 >= -9082.28 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | B 2 >= 18898.18
| | | | | AC15 < 0.72
| | | | | | SAVI < 0.1
| | | | | | | AC22 < -0.05 : Galvalume B (3/0)
| | | | | | | AC22 >= -0.05
| | | | | | | | AC19 < -0.06 : Aco Galvanizado com Ferrugem (2/0)
| | | | | | | | AC19 >= -0.06
| | | | | | | | | NDVI < 0.06 : Aco Galvanizado Brilhante (12/0)
| | | | | | | | | NDVI >= 0.06
| | | | | | | | | | SAVI < 0.09 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | | | | | | SAVI >= 0.09 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.1
| | | | | | | AC15 < 0.68 : CRFS (1/0)
| | | | | | | AC15 >= 0.68 : Piscina de Vinil (2/0)
| | | | | AC15 >= 0.72
| | | | | | AC20 < 0.05 : Galvalume C (11/0)
| | | | | | AC20 >= 0.05
| | | | | | | AC21 < -0.03 : CRFS (5/0)
| | | | | | | AC21 >= -0.03
| | | | | | | | AC22 < -0.03 : Galvalume C (1/0)
| | | | | | | | AC22 >= -0.03 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | B 4 >= 34109.19
| | | | AC4 < -10173.82
| | | | | AC18 < -19803.86 : Manta Asfaltica Aluminizada (1/0)
| | | | | AC18 >= -19803.86 : Lona (2/0)
| | | | AC4 >= -10173.82
| | | | | AC3 < -7190.49 : Lona (1/0)
| | | | | AC3 >= -7190.49 : Galvalume A (30/0)
| | NDVI >= 0.08
| | | Brightness < -1.1
| | | | B 5 < 20552.12
| | | | | AC15 < 0.69 : Cimento (6/0)
| | | | | AC15 >= 0.69
| | | | | | B 1 < 12835.73 : Concreto (16/0)
| | | | | | B 1 >= 12835.73
| | | | | | | AC19 < -0.16
| | | | | | | | AC9 < 0.98 : Asfalto Pintado de Branco (14/0)
| | | | | | | | AC9 >= 0.98
| | | | | | | | | AC20 < 0.12 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | | | | AC20 >= 0.12 : Concreto (1/0)
```

```
| | | | | | | AC19 >= -0.16
| | | | | | | | B 8 < 19573.81
| | | | | | | | | B 1 < 13683.63 : Concreto (6/0)
| | | | | | | | | B 1 >= 13683.63 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | | | B 8 >= 19573.81 : Asfalto Pintado de Branco (3/0)
| | | | B 5 >= 20552.12
| | | | | AC13 < 0.08 : Concreto Impermeabilizado (11/0)
| | | | | AC13 >= 0.08
| | | | | | AC13 < 0.14
| | | | | | | AC18 < -6712.4 : Piscina de Vinil (2/0)
| | | | | | | AC18 >= -6712.4 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
| | | | | | AC13 >= 0.14
| | | | | | | AC11 < 0.68 : Solo Exposto (1/0)
| | | | | | | AC11 >= 0.68 : Concreto Pintado de Amarelo (5/0)
| | | Brightness >= -1.1
| | | | AC6 < -23596.59
| | | | | AC11 < 0.87
| | | | | | AC22 < -0.02 : Acrilico (1/0)
| | | | | | AC22 >= -0.02 : CRFS (6/0)
| | | | | AC11 >= 0.87 : Manta Asfaltica Aluminizada (4/0)
| | | | AC6 >= -23596.59
| | | | | AC15 < 0.72
| | | | | | AC1 < 0.74 : Pastilha Esmaltada (5/0)
| | | | | | AC1 >= 0.74
| | | | | | | SAVI < 0.21 : Fibra de Vidro (3/0)
| | | | | | | SAVI >= 0.21 : Acrilico (1/0)
| | | | | AC15 >= 0.72
| | | | | | B 2 < 13960.08 : Fibra de Vidro (1/0)
| | | | | | B 2 >= 13960.08 : Acrilico (6/0)
AC4 >= -2928.78
| AC7 < 0.75
| | B 5 < 11606.21 : Sombra (31/0)
| | B 5 >= 11606.21
| | | MNF1 < 39.9
| | | | SAVI < 0.22
| | | | | SAVI < 0.22 : Vidro Aramado (5/0)
| | | | | SAVI >= 0.22 : Amianto (1/0)
| | | | SAVI >= 0.22
| | | | | AC2 < 0.82 : Cimento Pintado de Verde (3/0)
| | | | | AC2 >= 0.82
| | | | | | AC19 < -0.33 : Lago (1/0)
| | | | | | AC19 >= -0.33 : Policarbonato (3/0)
| | | MNF1 >= 39.9
| | | | B 1 < 11667.82 : Amianto (23/0)
| | | | B 1 >= 11667.82 : Policarbonato (2/0)
| AC7 >= 0.75
```

```
| | AC1 < 0.81
| | | B 2 < 10039.97
| | | | AC22 < 0.09 : Carvao_Coque (3/0)
| | | | AC22 >= 0.09 : Lago (4/0)
| | | B 2 >= 10039.97
| | | | AC19 < -0.25
| | | | | AC16 < 0.96 : Asfalto (29/0)
| | | | | AC16 >= 0.96 : Policarbonato (1/0)
| | | | AC19 >= -0.25 : Amianto (2/0)
| | AC1 >= 0.81
| | | B 2 < 17268.63
| | | | MNF2 < 19.46
| | | | | SAVI < 0.18 : Acrilico (1/0)
| | | | | SAVI >= 0.18 : Plastico (4/0)
| | | | MNF2 >= 19.46 : Aco Galvanizado Fosco (27/0)
| | | B 2 >= 17268.63
| | | | AC19 < 0.05
| | | | | AC20 < 0.08 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | AC20 >= 0.08 : Plastico (5/0)
| | | | AC19 >= 0.05 : PIscina de Azulejo (6/0)
```

Tamanho da Árvore:157

Árvore 10

```
AC12 < 0.74
|   AC2 < 0.78
|   |   AC21 < 0.08
|   |   |   B 1 < 11478.58
|   |   |   |   AC16 < 0.72
|   |   |   |   |   AC2 < 0.57 : Cerâmica Escura (3/0)
|   |   |   |   |   AC2 >= 0.57
|   |   |   |   |   |   Brightness < 0.28
|   |   |   |   |   |   |   AC1 < 0.65 : Solo Exposto (16/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 0.65
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 < -4581.8 : Bloquete (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC18 >= -4581.8 : Solo Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   |   Brightness >= 0.28 : Cerâmica Escura (2/0)
|   |   |   |   AC16 >= 0.72
|   |   |   |   |   Brightness < -1.93 : Bloquete (7/0)
|   |   |   |   |   Brightness >= -1.93 : Cerâmica Escura (5/0)
|   |   |   B 1 >= 11478.58
|   |   |   |   AC22 < 0.01
|   |   |   |   |   AC6 < -22017.86
|   |   |   |   |   |   AC15 < 0.55
|   |   |   |   |   |   |   AC21 < -0.04 : Cimento Pintado de Vermelho (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC21 >= -0.04
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 < -0.01 : Ceramica Iluminada (7/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 >= -0.01 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC15 >= 0.55 : Asfalto Pintado de Vermelho (1/0)
|   |   |   |   |   AC6 >= -22017.86 : Asfalto Pintado de Vermelho (24/0)
|   |   |   |   AC22 >= 0.01
|   |   |   |   |   B 4 < 15135.01 : Cimento Pintado de Vermelho (6/0)
|   |   |   |   |   B 4 >= 15135.01
|   |   |   |   |   |   AC10 < 0.96 : Concreto Pintado de Vermelho (6/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.96 : Solo Exposto (1/0)
|   |   AC21 >= 0.08
|   |   |   AC17 < -1441.84
|   |   |   |   AC6 < -18980.78 : Solo Exposto (1/0)
|   |   |   |   AC6 >= -18980.78 : Vegetacao_Rasteira (13/0)
|   |   |   AC17 >= -1441.84 : Vegetacao_Arborea (20/0)
|   AC2 >= 0.78
|   |   B 8 < 13234.83 : Sombra (27/0)
|   |   B 8 >= 13234.83
|   |   |   AC10 < 0.85
|   |   |   |   AC21 < 0.04
|   |   |   |   |   AC12 < 0.67 : Vidro Aramado (4/0)
|   |   |   |   |   AC12 >= 0.67 : Policarbonato (7/0)
|   |   |   |   AC21 >= 0.04
```

```
| | | | | MDA < -2.46 : Cimento Pintado de Verde (3/0)
| | | | | MDA >= -2.46
| | | | | | AC10 < 0.84 : Amianto (23/0)
| | | | | | AC10 >= 0.84 : Policarbonato (3/0)
| | | AC10 >= 0.85
| | | | AC2 < 0.81 : Carvao_Coque (4/0)
| | | | AC2 >= 0.81 : Asfalto (28/0)
AC12 >= 0.74
| B 2 < 19175.75
| | AC3 < -5216.91
| | | AC12 < 0.92
| | | | AC15 < 0.6 : Pedra Mineira (13/0)
| | | | AC15 >= 0.6
| | | | | AC17 < -6795.3
| | | | | | B 7 < 30545.63 : Concreto Pintado de Amarelo (6/0)
| | | | | | B 7 >= 30545.63 : CRFS (2/0)
| | | | | AC17 >= -6795.3
| | | | | | AC16 < 0.67 : Pastilha Esmaltada (6/0)
| | | | | | AC16 >= 0.67 : Cimento (1/0)
| | | AC12 >= 0.92
| | | | AC22 < 0
| | | | | MDA < 0.74 : Aco Galvanizado Brilhante (2/0)
| | | | | MDA >= 0.74 : Aco Galvanizado com Ferrugem (19/0)
| | | | AC22 >= 0 : Pastilha Esmaltada (1/0)
| | AC3 >= -5216.91
| | | AC17 < -3211.76
| | | | B 7 < 23380.06
| | | | | B 1 < 12669.78 : Concreto (11/0)
| | | | | B 1 >= 12669.78
| | | | | | AC4 < -3935.88 : Concreto (10/0)
| | | | | | AC4 >= -3935.88
| | | | | | | AC3 < -3004.45
| | | | | | | | B 6 < 17091.63 : Asfalto Pintado de Branco (12/0)
| | | | | | | | B 6 >= 17091.63
| | | | | | | | | AC18 < -4254.92 : Asfalto Pintado de Branco (4/0)
| | | | | | | | | AC18 >= -4254.92 : Concreto (1/0)
| | | | | | | AC3 >= -3004.45 : Acrilico (1/0)
| | | | B 7 >= 23380.06
| | | | | MNF1 < 40.87
| | | | | | AC22 < 0 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | AC22 >= 0
| | | | | | | AC21 < 0.04
| | | | | | | | MDA < 4.03 : Asfalto Pintado de Branco (11/0)
| | | | | | | | MDA >= 4.03 : Fibra de Vidro (1/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.04
| | | | | | | | NDVI < 0.12 : Asfalto Pintado de Branco (1/0)
```

```
| | | | | | | | NDVI >= 0.12 : Fibra de Vidro (3/0)
| | | | | MNF1 >= 40.87
| | | | | | SAVI < 0.15 : Piscina de Vinil (1/0)
| | | | | | SAVI >= 0.15 : Acrilico (3/0)
| | | AC17 >= -3211.76
| | | | AC19 < -0.09
| | | | | NDVI < 0.1 : Aco Galvanizado Fosco (17/0)
| | | | | NDVI >= 0.1
| | | | | | MDA < 0.31 : Plastico (7/0)
| | | | | | MDA >= 0.31 : Aco Galvanizado Fosco (3/0)
| | | | AC19 >= -0.09 : Plastico (5/0)
| B 2 >= 19175.75
| | B 5 < 32686.02
| | | B 7 < 31574.7
| | | | AC20 < 0.07
| | | | | AC3 < -4366.1
| | | | | | AC19 < -0.05
| | | | | | | AC22 < -0.02 : Piscina de Vinil (5/0)
| | | | | | | AC22 >= -0.02 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | | | AC19 >= -0.05
| | | | | | | AC7 < 0.88 : Aco Galvanizado com Ferrugem (1/0)
| | | | | | | AC7 >= 0.88 : Aco Galvanizado Brilhante (10/0)
| | | | | AC3 >= -4366.1
| | | | | | AC4 < -4154.19 : Galvalume C (4/0)
| | | | | | AC4 >= -4154.19
| | | | | | | AC5 < -27235.29 : CRFS (4/0)
| | | | | | | AC5 >= -27235.29 : Aco Galvanizado Brilhante (1/0)
| | | | AC20 >= 0.07
| | | | | AC20 < 0.12 : CRFS (7/0)
| | | | | AC20 >= 0.12 : PIscina de Azulejo (5/0)
| | | B 7 >= 31574.7
| | | | SAVI < 0.08
| | | | | AC17 < -9062.32 : Galvalume B (4/0)
| | | | | AC17 >= -9062.32 : Galvalume C (7/0)
| | | | SAVI >= 0.08
| | | | | AC12 < 1 : Acrilico (3/0)
| | | | | AC12 >= 1 : Concreto Impermeabilizado (23/0)
| | B 5 >= 32686.02
| | | AC18 < -20826.89 : Manta Asfaltica Aluminizada (5/0)
| | | AC18 >= -20826.89
| | | | AC15 < 0.62 : Lona (4/0)
| | | | AC15 >= 0.62 : Galvalume A (44/0)
```

Tamanho da Árvore:133

APÊNDICE B- ÁRVORES DE DECISÃO PARA A CENA SPECTIR

B.1 Nível de Detalhamento 1

B.1.1 Árvore C.45

```
B 226 <= 825.660832
|   AC3 <= 1031.226174
|   |   AC22 <= 0.459043: Lago (7.0)
|   |   AC22 > 0.459043: Sombra (21.0)
|   AC3 > 1031.226174
|   |   SAVI <= 0.048413: Piscina (7.0)
|   |   SAVI > 0.048413: Vegetacao_Arborea (20.0)
B 226 > 825.660832
|   AC20 <= -0.039944
|   |   AC4 <= 2198.633053: Diversas (9.0)
|   |   AC4 > 2198.633053
|   |   |   AC2 <= 4.387337
|   |   |   |   MNF 20 <= -21.952324: Diversas (4.0/1.0)
|   |   |   |   MNF 20 > -21.952324: Metalicas (99.0)
|   |   |   AC2 > 4.387337: Piscina (3.0)
|   AC20 > -0.039944
|   |   NDVI <= 0.348022
|   |   |   MNF 11 <= 34.816737
|   |   |   |   MNF 13 <= 12.338467
|   |   |   |   |   AC4 <= 1282.74661
|   |   |   |   |   |   MNF 39 <= 4.654538
|   |   |   |   |   |   |   AC5 <= 460.665597
|   |   |   |   |   |   |   |   B 3 <= 379.107914: Solo_Exposto (6.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 3 > 379.107914
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 13 <= 594.72973
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC22 <= 0.176176: Pav_Nao_Viaria (4.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   AC22 > 0.176176: Pav_Viaria (2.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 13 > 594.72973: Pav_Viaria (37.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC5 > 460.665597: Diversas (8.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   MNF 39 > 4.654538: Diversas (9.0)
|   |   |   |   |   AC4 > 1282.74661
|   |   |   |   |   |   MNF 20 <= 1.417295: Diversas (131.0/3.0)
|   |   |   |   |   |   MNF 20 > 1.417295
|   |   |   |   |   |   |   AC15 <= 1.796228
|   |   |   |   |   |   |   |   AC4 <= 2557.273646: Pav_Viaria (17.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC4 > 2557.273646: Diversas (2.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC15 > 1.796228: Diversas (8.0/1.0)
|   |   |   |   MNF 13 > 12.338467
|   |   |   |   |   MNF 25 <= 6.316556
```

```
| | | | | | MNF 28 <= 0.314005
| | | | | | | AC11 <= 0.507867: Solo_Exposto (13.0)
| | | | | | | AC11 > 0.507867: Pav_Viaria (4.0/1.0)
| | | | | | MNF 28 > 0.314005: Ceramica (19.0)
| | | | | MNF 25 > 6.316556
| | | | | | SAVI <= 0.051572: Piscina (6.0)
| | | | | | SAVI > 0.051572: Diversas (3.0)
| | | MNF 11 > 34.816737: Pav_Nao_Viaria (16.0/1.0)
| | NDVI > 0.348022
| | | B 216 <= 3265.175926
| | | | SAVI <= 0.595066: Diversas (2.0)
| | | | SAVI > 0.595066: Metalicas (2.0/1.0)
| | | B 216 > 3265.175926: Vegetacao_Rasteira (20.0)
```

Tamanho da Árvore: 53

B.1.2 Árvores Random Forest

Árvore 1

```
B 16 < 1683.83
|   B 48 < 538.39
|   |   B 87 < 801.26
|   |   |   NDVI < 0.19 : Lago (3/0)
|   |   |   NDVI >= 0.19 : Sombra (19/0)
|   |   B 87 >= 801.26
|   |   |   B 68 < 667.41 : Diversas (1/0)
|   |   |   B 68 >= 667.41 : Vegetacao_Arborea (18/0)
|   B 48 >= 538.39
|   |   B 2 < 291.21
|   |   |   AC17 < 1869.61
|   |   |   |   B 17 < 345.47
|   |   |   |   |   SAVI < -0.06 : Lago (3/0)
|   |   |   |   |   SAVI >= -0.06 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   B 17 >= 345.47
|   |   |   |   |   B 98 < 1661.1 : Diversas (4/0)
|   |   |   |   |   B 98 >= 1661.1 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   AC17 >= 1869.61 : Vegetacao_Rasteira (17/0)
|   |   B 2 >= 291.21
|   |   |   AC11 < 0.37
|   |   |   |   B 258 < 2781.13
|   |   |   |   |   AC15 < 1.57
|   |   |   |   |   |   AC5 < 25.06
|   |   |   |   |   |   |   MNF 2 < 21.28 : Pav_Viaria (13/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 2 >= 21.28 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC5 >= 25.06 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   |   AC15 >= 1.57
|   |   |   |   |   |   MNF 43 < 2.66 : Solo_Exposto (6/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 43 >= 2.66
|   |   |   |   |   |   |   SAVI < 0.35 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.35 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   B 258 >= 2781.13 : Ceramica (16/0)
|   |   |   AC11 >= 0.37
|   |   |   |   B 238 < 3164.38
|   |   |   |   |   B 218 < 1527.42
|   |   |   |   |   |   MNF 30 < -1.14
|   |   |   |   |   |   |   AC15 < 2.17 : Pav_Nao_Viaria (7/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC15 >= 2.17 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 30 >= -1.14
|   |   |   |   |   |   |   B 97 < 1059.59
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 < 0.2 : Pav_Viaria (1/0)
```

```
| | | | | | | | AC22 >= 0.2 : Diversas (7/0)
| | | | | | | B 97 >= 1059.59
| | | | | | | | B 206 < 1069.26 : Diversas (3/0)
| | | | | | | | B 206 >= 1069.26 : Pav_Viaria (26/0)
| | | | | B 218 >= 1527.42
| | | | | | MNF 39 < 2.79
| | | | | | | B 49 < 1524.55 : Diversas (28/0)
| | | | | | | B 49 >= 1524.55
| | | | | | | | B 264 < 1993.95
| | | | | | | | | MNF 50 < 2.98 : Pav_Viaria (6/0)
| | | | | | | | | MNF 50 >= 2.98
| | | | | | | | | | MNF 48 < -6.15 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | MNF 48 >= -6.15 : Diversas (4/0)
| | | | | | | | B 264 >= 1993.95
| | | | | | | | | AC18 < 1525.94
| | | | | | | | | | B 41 < 1451.22 : Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | B 41 >= 1451.22 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | | | AC18 >= 1525.94 : Diversas (8/0)
| | | | | | MNF 39 >= 2.79
| | | | | | | B 232 < 3063.5 : Diversas (61/0)
| | | | | | | B 232 >= 3063.5
| | | | | | | | MNF 43 < -13.75 : Diversas (1/0)
| | | | | | | | MNF 43 >= -13.75 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
| | | | B 238 >= 3164.38
| | | | | AC17 < 1941.27 : Pav_Nao_Viaria (15/0)
| | | | | AC17 >= 1941.27
| | | | | | B 83 < 4038.02 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | B 83 >= 4038.02 : Solo_Exposto (1/0)
B 16 >= 1683.83
| B 250 < 3236.23
| | B 91 < 2093.98
| | | AC3 < 3974.1
| | | | MNF 40 < -0.34 : Metalicas (19/0)
| | | | MNF 40 >= -0.34 : Diversas (1/0)
| | | AC3 >= 3974.1 : Piscina (9/0)
| | B 91 >= 2093.98
| | | B 264 < 2534.01
| | | | AC4 < 2194.47
| | | | | MNF 31 < 5.39 : Pav_Viaria (7/0)
| | | | | MNF 31 >= 5.39 : Diversas (10/0)
| | | | AC4 >= 2194.47
| | | | | B 126 < 2737.7
| | | | | | MNF 1 < 54.88 : Diversas (25/0)
| | | | | | MNF 1 >= 54.88 : Piscina (1/0)
| | | | | B 126 >= 2737.7
| | | | | | B 98 < 5009.78 : Metalicas (2/0)
```

```
|   |   |   |   |   |   B 98 >= 5009.78 : Diversas (12/0)
|   |   |   B 264 >= 2534.01
|   |   |   |   AC8 < 1.12
|   |   |   |   |   MNF 8 < 4.58
|   |   |   |   |   |   B 95 < 4050.12 : Diversas (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 95 >= 4050.12 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   MNF 8 >= 4.58 : Piscina (8/0)
|   |   |   |   AC8 >= 1.12 : Metalicas (4/0)
|   B 250 >= 3236.23
|   |   B 814 < -2.94 : Pav_Nao_Viaria (5/0)
|   |   B 814 >= -2.94
|   |   |   B 264 < 9248.44 : Metalicas (81/0)
|   |   |   B 264 >= 9248.44
|   |   |   |   B 64 < 7742.86 : Metalicas (2/0)
|   |   |   |   B 64 >= 7742.86 : Diversas (2/0)
```

Tamanho da Árvore:103

Árvore 2

```
AC8 < 1.08
|   AC1 < 3.04
|   |   B 238 < 3402.92
|   |   |   B 13 < 600.86
|   |   |   |   B 121 < 1726.13
|   |   |   |   |   B 271 < 1081.47
|   |   |   |   |   |   B 95 < 808.97 : Lago (2/0)
|   |   |   |   |   |   B 95 >= 808.97
|   |   |   |   |   |   |   AC4 < 949.06 : Pav_Nao_Viaria (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC4 >= 949.06 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   B 271 >= 1081.47
|   |   |   |   |   |   B 24 < 417.24 : Ceramica (5/0)
|   |   |   |   |   |   B 24 >= 417.24 : Diversas (5/0)
|   |   |   |   B 121 >= 1726.13
|   |   |   |   |   MNF 47 < -1.51
|   |   |   |   |   |   B 91 < 1943.69 : Solo_Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 91 >= 1943.69
|   |   |   |   |   |   |   AC12 < 0.26 : Ceramica (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC12 >= 0.26 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   MNF 47 >= -1.51
|   |   |   |   |   |   B 68 < 2271.41
|   |   |   |   |   |   |   B 96 < 2433.61 : Solo_Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 96 >= 2433.61 : Vegetacao_Rasteira (5/0)
|   |   |   |   |   |   B 68 >= 2271.41 : Solo_Exposto (8/0)
|   |   |   B 13 >= 600.86
|   |   |   |   AC4 < 1295.74
|   |   |   |   |   B 124 < 3071.06
|   |   |   |   |   |   B 211 < 1963.98 : Pav_Viaria (21/0)
|   |   |   |   |   |   B 211 >= 1963.98
|   |   |   |   |   |   |   B 109 < 3051.36
|   |   |   |   |   |   |   |   AC6 < 473.09
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 77 < 2564.77 : Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 77 >= 2564.77
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 79 < 2977.98 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 79 >= 2977.98 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC6 >= 473.09 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 109 >= 3051.36 : Pav_Viaria (12/0)
|   |   |   |   |   B 124 >= 3071.06
|   |   |   |   |   |   MNF 36 < 5.25
|   |   |   |   |   |   |   MNF 49 < -5.43 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 49 >= -5.43 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 36 >= 5.25 : Diversas (5/0)
|   |   |   |   AC4 >= 1295.74
|   |   |   |   |   MNF 8 < 7.79
```

```
| | | | | | AC21 < 0.1
| | | | | | | B 12 < 2256.76
| | | | | | | | MNF 22 < -15.33 : Diversas (19/0)
| | | | | | | | MNF 22 >= -15.33
| | | | | | | | | MNF 46 < -2.53
| | | | | | | | | | AC12 < 0.97 : Diversas (11/0)
| | | | | | | | | | AC12 >= 0.97 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | MNF 46 >= -2.53
| | | | | | | | | | B 266 < 1462.52 : Pav_Viaria (15/0)
| | | | | | | | | | B 266 >= 1462.52
| | | | | | | | | | | B 99 < 3254.31
| | | | | | | | | | | | MNF 1 < 51.5 : Diversas (13/0)
| | | | | | | | | | | | MNF 1 >= 51.5
| | | | | | | | | | | | | B 78 < 2412.68 : Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | | | | B 78 >= 2412.68
| | | | | | | | | | | | | | NDVI < -0.03 : Diversas (1/0)
| | | | | | | | | | | | | | NDVI >= -0.03 : Pav_Viaria (5/0)
| | | | | | | | | | | B 99 >= 3254.31 : Pav_Viaria (7/0)
| | | | | | | B 12 >= 2256.76 : Diversas (33/0)
| | | | | | AC21 >= 0.1 : Diversas (42/0)
| | | | | MNF 8 >= 7.79
| | | | | | AC14 < -0.05 : Metalicas (1/0)
| | | | | | AC14 >= -0.05 : Piscina (2/0)
| | B 238 >= 3402.92
| | | B 218 < 3950.82
| | | | AC6 < 747.58
| | | | | MNF 48 < 7.49
| | | | | | AC18 < 3883.6 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | AC18 >= 3883.6 : Metalicas (1/0)
| | | | | MNF 48 >= 7.49 : Diversas (2/0)
| | | | AC6 >= 747.58
| | | | | AC4 < 2796.6 : Pav_Nao_Viaria (13/0)
| | | | | AC4 >= 2796.6 : Metalicas (1/0)
| | | B 218 >= 3950.82 : Ceramica (16/0)
| AC1 >= 3.04
| | B 28 < 347.77
| | | AC10 < 0.45 : Sombra (20/0)
| | | AC10 >= 0.45 : Vegetacao_Arborea (14/0)
| | B 28 >= 347.77
| | | B 150 < 3018.4
| | | | MNF 2 < 3.47 : Diversas (15/0)
| | | | MNF 2 >= 3.47 : Piscina (3/0)
| | | B 150 >= 3018.4 : Vegetacao_Rasteira (19/0)
AC8 >= 1.08
| B 98 < 1066.88
| | B 60 < 1099.18 : Lago (6/0)
```

```
|   |   B 60 >= 1099.18 : Piscina (3/0)
|   B 98 >= 1066.88
|   |   AC4 < 2213.42 : Diversas (8/0)
|   |   AC4 >= 2213.42
|   |   |   AC6 < 2545.1 : Metalicas (117/0)
|   |   |   AC6 >= 2545.1 : Diversas (2/0)
```

Tamanho da Árvore:97

Árvore 3

```
B 258 < 868.43
|   B 192 < 767.67
|   |   MNF 11 < 1.51
|   |   |   AC9 < 0.55 : Sombra (20/0)
|   |   |   AC9 >= 0.55 : Piscina (8/0)
|   |   MNF 11 >= 1.51 : Lago (11/0)
|   B 192 >= 767.67
|   |   AC2 < 1.64 : Vegetacao_Arborea (21/0)
|   |   AC2 >= 1.64 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
B 258 >= 868.43
|   B 266 < 2918.73
|   |   B 22 < 634.12
|   |   |   B 75 < 2615.66
|   |   |   |   B 60 < 859.12
|   |   |   |   |   B 262 < 1285.74 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   B 262 >= 1285.74 : Diversas (10/0)
|   |   |   |   B 60 >= 859.12
|   |   |   |   |   MNF 45 < -1.15
|   |   |   |   |   |   MNF 38 < 0.36 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 38 >= 0.36 : Ceramica (11/0)
|   |   |   |   |   MNF 45 >= -1.15
|   |   |   |   |   |   AC7 < 0.59 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC7 >= 0.59 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   B 75 >= 2615.66
|   |   |   |   AC1 < 2.23 : Solo_Exposto (8/0)
|   |   |   |   AC1 >= 2.23
|   |   |   |   |   B 29 < 561.21 : Vegetacao_Arborea (1/0)
|   |   |   |   |   B 29 >= 561.21 : Vegetacao_Rasteira (26/0)
|   |   B 22 >= 634.12
|   |   |   AC8 < 1.08
|   |   |   |   MNF 11 < 36.87
|   |   |   |   |   B 161 < 1781.68
|   |   |   |   |   |   B 144 < 1548.58
|   |   |   |   |   |   |   B 3 < 475.38
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 < 0.13 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.13 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 3 >= 475.38
|   |   |   |   |   |   |   |   B 96 < 915.51 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 96 >= 915.51 : Pav_Viaria (18/0)
|   |   |   |   |   |   B 144 >= 1548.58
|   |   |   |   |   |   |   B 252 < 1692.02
|   |   |   |   |   |   |   |   B 2 < 893.52
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 230 < 1764.85
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 49 < 1456.56
```

```
| | | | | | | | | | | B 95 < 1530.35 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | B 95 >= 1530.35 : Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | B 49 >= 1456.56 : Pav_Viaria (7/0)
| | | | | | | | | B 230 >= 1764.85
| | | | | | | | | | MNF 20 < 1.41 : Diversas (4/0)
| | | | | | | | | | MNF 20 >= 1.41 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | B 2 >= 893.52 : Diversas (15/0)
| | | | | | | B 252 >= 1692.02
| | | | | | | | MNF 18 < -8.68 : Diversas (1/0)
| | | | | | | | MNF 18 >= -8.68 : Pav_Viaria (11/0)
| | | | | B 161 >= 1781.68
| | | | | | AC15 < 1.65
| | | | | | | B 25 < 1067.78
| | | | | | | | MNF 45 < -0.05 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | | MNF 45 >= -0.05 : Pav_Viaria (12/0)
| | | | | | | B 25 >= 1067.78
| | | | | | | | B 248 < 2728.18
| | | | | | | | | AC7 < 0.82 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | AC7 >= 0.82
| | | | | | | | | | B 265 < 1519.72 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | B 265 >= 1519.72
| | | | | | | | | | | B 593 < -2.3 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | | | | | B 593 >= -2.3 : Diversas (37/0)
| | | | | | | | B 248 >= 2728.18
| | | | | | | | | AC8 < 0.98 : Pav_Viaria (8/0)
| | | | | | | | | AC8 >= 0.98
| | | | | | | | | | MNF 26 < -2.81 : Diversas (2/0)
| | | | | | | | | | MNF 26 >= -2.81 : Piscina (5/0)
| | | | | | AC15 >= 1.65
| | | | | | | AC6 < -23.79 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | AC6 >= -23.79 : Diversas (81/0)
| | | | MNF 11 >= 36.87 : Pav_Nao_Viaria (14/0)
| | | AC8 >= 1.08
| | | | MNF 28 < -4.31
| | | | | B 6 < 1372.8 : Diversas (9/0)
| | | | | B 6 >= 1372.8
| | | | | | SAVI < -0.35 : Piscina (2/0)
| | | | | | SAVI >= -0.35 : Metalicas (3/0)
| | | | MNF 28 >= -4.31
| | | | | MNF 33 < 5.1 : Metalicas (24/0)
| | | | | MNF 33 >= 5.1
| | | | | | MNF 31 < -4.24 : Metalicas (2/0)
| | | | | | MNF 31 >= -4.24 : Diversas (2/0)
| B 266 >= 2918.73
| | AC3 < 2711.27
| | | MNF 23 < -6.05
```

```
|   |   |   |   B 74 < 4122.46 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   B 74 >= 4122.46 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
|   |   |   MNF 23 >= -6.05
|   |   |   |   MNF 21 < -2.74 : Ceramica (8/0)
|   |   |   |   MNF 21 >= -2.74 : Metalicas (1/0)
|   |   AC3 >= 2711.27
|   |   |   B 252 < 9767.01 : Metalicas (62/0)
|   |   |   B 252 >= 9767.01
|   |   |   |   B 88 < 7533.45 : Metalicas (1/0)
|   |   |   |   B 88 >= 7533.45 : Diversas (3/0)
```

Tamanho da Árvore:101

Árvore 4

```
B 223 < 726.52
|   B 19 < 234.07
|   |   B 209 < 670.66 : Sombra (23/0)
|   |   B 209 >= 670.66 : Vegetacao_Arborea (11/0)
|   B 19 >= 234.07
|   |   AC5 < 590.55 : Lago (9/0)
|   |   AC5 >= 590.55 : Piscina (7/0)
B 223 >= 726.52
|   AC18 < 2198.34
|   |   B 189 < 3000.91
|   |   |   B 34 < 822.59
|   |   |   |   B 93 < 1507.51
|   |   |   |   |   MNF 20 < 2.9
|   |   |   |   |   |   B 249 < 1152.99
|   |   |   |   |   |   |   AC7 < 0.6 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC7 >= 0.6 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 249 >= 1152.99 : Diversas (14/0)
|   |   |   |   |   MNF 20 >= 2.9
|   |   |   |   |   |   B 36 < 558.67 : Ceramica (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 36 >= 558.67 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
|   |   |   |   B 93 >= 1507.51
|   |   |   |   |   B 268 < 1950.74 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   B 268 >= 1950.74 : Ceramica (3/0)
|   |   |   B 34 >= 822.59
|   |   |   |   B 168 < 1953.22
|   |   |   |   |   MNF 34 < -1.34
|   |   |   |   |   |   MNF 23 < -3.53 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 23 >= -3.53 : Diversas (21/0)
|   |   |   |   |   MNF 34 >= -1.34
|   |   |   |   |   |   MNF 7 < 2.21
|   |   |   |   |   |   |   B 24 < 712.44 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 24 >= 712.44 : Pav_Viaria (34/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 7 >= 2.21 : Diversas (4/0)
|   |   |   |   B 168 >= 1953.22
|   |   |   |   |   B 129 < 2699.33
|   |   |   |   |   |   AC18 < 980.23
|   |   |   |   |   |   |   B 258 < 2321.71 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 258 >= 2321.71 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC18 >= 980.23
|   |   |   |   |   |   |   MNF 10 < -0.87 : Diversas (64/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 10 >= -0.87
|   |   |   |   |   |   |   |   B 169 < 2361.88
|   |   |   |   |   |   |   |   |   MNF 48 < -3.95 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   MNF 48 >= -3.95 : Pav_Viaria (5/0)
```

```
| | | | | | | | B 169 >= 2361.88 : Diversas (8/0)
| | | | | B 129 >= 2699.33
| | | | | | MNF 29 < -4.48 : Diversas (3/0)
| | | | | | MNF 29 >= -4.48 : Pav_Viaria (8/0)
| | B 189 >= 3000.91
| | | MNF 13 < 20.97
| | | | SAVI < 0.52
| | | | | MNF 19 < 3.96
| | | | | | MNF 3 < 9.22 : Diversas (13/0)
| | | | | | MNF 3 >= 9.22 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | MNF 19 >= 3.96
| | | | | | B 59 < 2587.42 : Solo_Exposto (9/0)
| | | | | | B 59 >= 2587.42
| | | | | | | B 29 < 1615.3 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | | B 29 >= 1615.3 : Diversas (1/0)
| | | | SAVI >= 0.52 : Vegetacao_Rasteira (22/0)
| | | MNF 13 >= 20.97
| | | | B 41 < 2624.52
| | | | | AC15 < 1.52
| | | | | | AC15 < 1.49 : Ceramica (1/0)
| | | | | | AC15 >= 1.49 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | AC15 >= 1.52 : Ceramica (14/0)
| | | | B 41 >= 2624.52
| | | | | AC19 < -0.4 : Ceramica (1/0)
| | | | | AC19 >= -0.4 : Pav_Nao_Viaria (18/0)
| AC18 >= 2198.34
| | B 120 < 2516.23
| | | AC12 < 1.34
| | | | MNF 13 < 14.53 : Diversas (33/0)
| | | | MNF 13 >= 14.53
| | | | | B 83 < 3106.86 : Metalicas (4/0)
| | | | | B 83 >= 3106.86 : Piscina (8/0)
| | | AC12 >= 1.34
| | | | B 86 < 1114.29 : Piscina (5/0)
| | | | B 86 >= 1114.29 : Metalicas (20/0)
| | B 120 >= 2516.23
| | | AC6 < 725.76
| | | | B 96 < 3627.09 : Metalicas (3/0)
| | | | B 96 >= 3627.09 : Diversas (14/0)
| | | AC6 >= 725.76
| | | | MNF 47 < 7.7 : Metalicas (69/0)
| | | | MNF 47 >= 7.7
| | | | | AC9 < 1.37 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
| | | | | AC9 >= 1.37 : Metalicas (1/0)
```

Tamanho da Árvore:89

Árvore 5

```
B 28 < 1750.17
|   B 226 < 840.23
|   |   B 93 < 1304.65
|   |   |   B 30 < 304.7 : Sombra (22/0)
|   |   |   B 30 >= 304.7 : Lago (8/0)
|   |   B 93 >= 1304.65 : Vegetacao_Arborea (24/0)
|   B 226 >= 840.23
|   |   B 130 < 3166.68
|   |   |   MNF 44 < -1.02
|   |   |   |   B 4 < 415.93
|   |   |   |   |   MNF 16 < -2
|   |   |   |   |   |   AC4 < 1085.46 : Solo_Exposto (8/0)
|   |   |   |   |   |   AC4 >= 1085.46
|   |   |   |   |   |   |   AC8 < 0.83 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC8 >= 0.83 : Ceramica (2/0)
|   |   |   |   |   MNF 16 >= -2 : Ceramica (8/0)
|   |   |   |   B 4 >= 415.93
|   |   |   |   |   B 68 < 2049.13
|   |   |   |   |   |   B 110 < 1696.5 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   B 110 >= 1696.5 : Diversas (12/0)
|   |   |   |   |   B 68 >= 2049.13
|   |   |   |   |   |   B 80 < 2795.03 : Pav_Viaria (6/0)
|   |   |   |   |   |   B 80 >= 2795.03 : Pav_Nao_Viaria (4/0)
|   |   |   MNF 44 >= -1.02
|   |   |   |   B 94 < 2522.83
|   |   |   |   |   B 255 < 1646.61
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.22
|   |   |   |   |   |   |   AC3 < 987.11 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC3 >= 987.11 : Pav_Viaria (16/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.22 : Diversas (10/0)
|   |   |   |   |   B 255 >= 1646.61
|   |   |   |   |   |   AC3 < 1409.54
|   |   |   |   |   |   |   AC12 < 0.43 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC12 >= 0.43 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC3 >= 1409.54 : Diversas (57/0)
|   |   |   |   B 94 >= 2522.83
|   |   |   |   |   MNF 39 < 2.88
|   |   |   |   |   |   MNF 6 < -14.3
|   |   |   |   |   |   |   AC1 < 2.15 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 2.15 : Vegetacao_Rasteira (2/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 6 >= -14.3
|   |   |   |   |   |   |   B 97 < 2627.03 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 97 >= 2627.03 : Pav_Viaria (15/0)
|   |   |   |   |   MNF 39 >= 2.88
```

```
| | | | | | MNF 46 < 0.18 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | MNF 46 >= 0.18 : Diversas (6/0)
| | B 130 >= 3166.68
| | | B 35 < 1166.62
| | | | MNF 49 < -1.71 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | MNF 49 >= -1.71 : Vegetacao_Rasteira (22/0)
| | | B 35 >= 1166.62
| | | | B 235 < 4294.44
| | | | | B 214 < 4138.63
| | | | | | MNF 24 < 15.46
| | | | | | | AC3 < 1899.18
| | | | | | | | B 160 < 3803.32 : Solo_Exposto (5/0)
| | | | | | | | B 160 >= 3803.32 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | | | AC3 >= 1899.18 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | MNF 24 >= 15.46 : Diversas (1/0)
| | | | | B 214 >= 4138.63
| | | | | | MNF 28 < -11.59 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | | MNF 28 >= -11.59 : Pav_Nao_Viaria (4/0)
| | | | B 235 >= 4294.44 : Ceramica (7/0)
B 28 >= 1750.17
| AC7 < 1.12
| | B 63 < 6207.02
| | | B 228 < 2906.38
| | | | MNF 39 < 1.73
| | | | | B 101 < 2438.94
| | | | | | MNF 17 < 2.58 : Diversas (14/0)
| | | | | | MNF 17 >= 2.58 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | B 101 >= 2438.94
| | | | | | B 64 < 2808.09 : Pav_Viaria (7/0)
| | | | | | B 64 >= 2808.09 : Diversas (4/0)
| | | | MNF 39 >= 1.73
| | | | | B 3 < 2375.4 : Diversas (25/0)
| | | | | B 3 >= 2375.4 : Metalicas (1/0)
| | | B 228 >= 2906.38
| | | | MNF 4 < 15.58 : Diversas (20/0)
| | | | MNF 4 >= 15.58
| | | | | B 4 < 1424.83 : Pav_Nao_Viaria (13/0)
| | | | | B 4 >= 1424.83
| | | | | | B 68 < 3888.53 : Piscina (7/0)
| | | | | | B 68 >= 3888.53 : Diversas (1/0)
| | B 63 >= 6207.02
| | | MNF 22 < -8.39 : Diversas (3/0)
| | | MNF 22 >= -8.39 : Metalicas (14/0)
| AC7 >= 1.12
| | B 239 < 1615.74
| | | B 73 < 3068.77 : Piscina (13/0)
```

```
|   |   |   B 73 >= 3068.77 : Diversas (2/0)
|   |   B 239 >= 1615.74
|   |   |   B 259 < 2489.63
|   |   |   |   MNF 39 < 5.77 : Metalicas (11/0)
|   |   |   |   MNF 39 >= 5.77 : Diversas (1/0)
|   |   |   B 259 >= 2489.63 : Metalicas (79/0)
```

Tamanho da Árvore:97

Árvore 6

```
B 16 < 1908.26
|   AC21 < 0.38
|   |   MNF 20 < 1.22
|   |   |   B 128 < 1214.26
|   |   |   |   B 112 < 808.26
|   |   |   |   |   B 262 < 915.79 : Lago (9/0)
|   |   |   |   |   B 262 >= 915.79 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   B 112 >= 808.26 : Pav_Viaria (11/0)
|   |   |   B 128 >= 1214.26
|   |   |   |   AC4 < 1100.37
|   |   |   |   |   B 261 < 2285.16
|   |   |   |   |   |   MNF 8 < -9.97 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 8 >= -9.97
|   |   |   |   |   |   |   B 91 < 2553.73 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 91 >= 2553.73 : Vegetacao_Rasteira (2/0)
|   |   |   |   |   B 261 >= 2285.16 : Solo_Exposto (7/0)
|   |   |   |   AC4 >= 1100.37
|   |   |   |   |   B 237 < 3258.68
|   |   |   |   |   |   B 7 < 719.3
|   |   |   |   |   |   |   MNF 15 < -4.1 : Diversas (20/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 15 >= -4.1
|   |   |   |   |   |   |   |   B 64 < 1184.24 : Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 64 >= 1184.24 : Pav_Viaria (5/0)
|   |   |   |   |   |   B 7 >= 719.3 : Diversas (82/0)
|   |   |   |   |   B 237 >= 3258.68
|   |   |   |   |   |   AC7 < 0.87 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC7 >= 0.87 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   MNF 20 >= 1.22
|   |   |   MNF 15 < -10.3
|   |   |   |   MNF 30 < -2.79
|   |   |   |   |   B 269 < 2424.92
|   |   |   |   |   |   B 77 < 2636.35 : Ceramica (8/0)
|   |   |   |   |   |   B 77 >= 2636.35 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   B 269 >= 2424.92 : Ceramica (14/0)
|   |   |   |   MNF 30 >= -2.79
|   |   |   |   |   B 59 < 2138.18 : Solo_Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   B 59 >= 2138.18 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   MNF 15 >= -10.3
|   |   |   |   B 208 < 2549.16
|   |   |   |   |   B 13 < 600.86
|   |   |   |   |   |   AC2 < 1.72 : Pav_Nao_Viaria (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC2 >= 1.72
|   |   |   |   |   |   |   B 75 < 1412.03 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 75 >= 1412.03 : Ceramica (1/0)
```

```
| | | | | B 13 >= 600.86 : Pav_Viaria (22/0)
| | | | B 208 >= 2549.16
| | | | | B 112 < 3686.35
| | | | | | B 4 < 544.98 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | B 4 >= 544.98
| | | | | | | B 32 < 1496.2 : Diversas (17/0)
| | | | | | | B 32 >= 1496.2
| | | | | | | | B 98 < 2922.47 : Diversas (1/0)
| | | | | | | | B 98 >= 2922.47 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | B 112 >= 3686.35
| | | | | | B 7 < 824.36 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | B 7 >= 824.36 : Pav_Nao_Viaria (8/0)
| AC21 >= 0.38
| | B 6 < 265.11
| | | B 78 < 1320.59 : Sombra (23/0)
| | | B 78 >= 1320.59 : Vegetacao_Arborea (18/0)
| | B 6 >= 265.11
| | | B 182 < 2238.27 : Diversas (6/0)
| | | B 182 >= 2238.27 : Vegetacao_Rasteira (28/0)
B 16 >= 1908.26
| B 127 < 2602.63
| | B 114 < 2039.85
| | | AC13 < -0.42 : Piscina (8/0)
| | | AC13 >= -0.42 : Metalicas (11/0)
| | B 114 >= 2039.85
| | | MNF 10 < 6.43
| | | | B 271 < 2442.44 : Diversas (22/0)
| | | | B 271 >= 2442.44 : Metalicas (1/0)
| | | MNF 10 >= 6.43
| | | | AC11 < 0.95 : Piscina (7/0)
| | | | AC11 >= 0.95
| | | | | B 55 < 3365.81 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | B 55 >= 3365.81 : Diversas (2/0)
| B 127 >= 2602.63
| | MNF 17 < 5.35
| | | MNF 21 < -0.7 : Metalicas (61/0)
| | | MNF 21 >= -0.7
| | | | B 271 < 8438.39
| | | | | B 243 < 3258.21 : Diversas (1/0)
| | | | | B 243 >= 3258.21 : Metalicas (18/0)
| | | | B 271 >= 8438.39 : Diversas (1/0)
| | MNF 17 >= 5.35
| | | MNF 9 < 33.46
| | | | B 86 < 4108.2
| | | | | SAVI < 0.11 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | SAVI >= 0.11 : Diversas (1/0)
```

```
|   |   |   |   B 86 >= 4108.2 : Metalicas (13/0)
|   |   |   MNF 9 >= 33.46
|   |   |   |   MNF 12 < -7.48 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
|   |   |   |   MNF 12 >= -7.48 : Diversas (12/0)
```

Tamanho da Árvore:95

Árvore 7

```
B 19 < 1701.87
|   B 28 < 359.9
|   |   B 207 < 751.76
|   |   |   B 41 < 343.78 : Sombra (24/0)
|   |   |   B 41 >= 343.78 : Lago (2/0)
|   |   B 207 >= 751.76
|   |   |   AC2 < 1.31 : Vegetacao_Arborea (21/0)
|   |   |   AC2 >= 1.31 : Ceramica (3/0)
|   B 28 >= 359.9
|   |   B 270 < 1616.45
|   |   |   B 198 < 2646.04
|   |   |   |   B 260 < 1382.46
|   |   |   |   |   MNF 15 < 7.83
|   |   |   |   |   |   B 19 < 672.59
|   |   |   |   |   |   |   AC1 < 1.89 : Pav_Nao_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 1.89
|   |   |   |   |   |   |   |   MNF 46 < 0.49 : Lago (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   MNF 46 >= 0.49 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   B 19 >= 672.59 : Pav_Viaria (27/0)
|   |   |   |   |   MNF 15 >= 7.83
|   |   |   |   |   |   B 814 < -3.7 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   B 814 >= -3.7 : Diversas (5/0)
|   |   |   |   B 260 >= 1382.46
|   |   |   |   |   B 213 < 2315.11
|   |   |   |   |   |   MNF 42 < 3.77
|   |   |   |   |   |   |   B 260 < 1515.21
|   |   |   |   |   |   |   |   B 37 < 1448.19 : Diversas (8/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 37 >= 1448.19 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 260 >= 1515.21 : Diversas (21/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 42 >= 3.77
|   |   |   |   |   |   |   B 98 < 1994.55 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 98 >= 1994.55 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   B 213 >= 2315.11 : Pav_Viaria (6/0)
|   |   |   B 198 >= 2646.04
|   |   |   |   B 593 < 6.98 : Vegetacao_Rasteira (16/0)
|   |   |   |   B 593 >= 6.98 : Diversas (1/0)
|   |   B 270 >= 1616.45
|   |   |   AC16 < 1.37
|   |   |   |   MNF 25 < 7.02
|   |   |   |   |   MNF 22 < 0.76
|   |   |   |   |   |   B 197 < 3639.66
|   |   |   |   |   |   |   B 41 < 2414.83
|   |   |   |   |   |   |   |   B 76 < 2808.31 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 76 >= 2808.31
```

```
| | | | | | | | | B 222 < 2846.53 : Pav_Viaria (11/0)
| | | | | | | | | B 222 >= 2846.53 : Diversas (1/0)
| | | | | | | B 41 >= 2414.83 : Diversas (7/0)
| | | | | | B 197 >= 3639.66
| | | | | | | MNF 35 < 3.18 : Diversas (1/0)
| | | | | | | MNF 35 >= 3.18 : Ceramica (8/0)
| | | | | MNF 22 >= 0.76
| | | | | | AC7 < 0.84
| | | | | | | B 245 < 3690.18 : Solo_Exposto (14/0)
| | | | | | | B 245 >= 3690.18 : Ceramica (1/0)
| | | | | | AC7 >= 0.84
| | | | | | | B 98 < 3615.71
| | | | | | | | B 50 < 2680.21 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | | B 50 >= 2680.21 : Diversas (1/0)
| | | | | | | B 98 >= 3615.71
| | | | | | | | | B 68 < 3892.26 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | | B 68 >= 3892.26 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
| | | | MNF 25 >= 7.02
| | | | | AC12 < 0.39 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | | AC12 >= 0.39 : Pav_Nao_Viaria (12/0)
| | | AC16 >= 1.37
| | | | B 593 < -3.83 : Ceramica (10/0)
| | | | B 593 >= -3.83
| | | | | MNF 41 < 3.04
| | | | | | B 156 < 3244.25
| | | | | | | B 12 < 445.76
| | | | | | | | AC21 < 0.31 : Ceramica (1/0)
| | | | | | | | AC21 >= 0.31 : Diversas (1/0)
| | | | | | | B 12 >= 445.76 : Diversas (61/0)
| | | | | | B 156 >= 3244.25
| | | | | | | AC2 < 1.54 : Diversas (7/0)
| | | | | | | AC2 >= 1.54 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | MNF 41 >= 3.04
| | | | | | MNF 8 < -12.57 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | MNF 8 >= -12.57 : Diversas (1/0)
B 19 >= 1701.87
| B 258 < 3043.84
| | AC5 < 136.35
| | | AC8 < 1.08
| | | | B 11 < 2205.52
| | | | | B 245 < 1800.45 : Diversas (4/0)
| | | | | B 245 >= 1800.45
| | | | | | MNF 45 < -2.51 : Diversas (1/0)
| | | | | | MNF 45 >= -2.51 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | B 11 >= 2205.52 : Diversas (29/0)
| | | AC8 >= 1.08
```

```
|   |   |   |   MNF 29 < 6 : Metalicas (7/0)
|   |   |   |   MNF 29 >= 6 : Diversas (1/0)
|   |   AC5 >= 136.35
|   |   |   MNF 37 < -0.4
|   |   |   |   MNF 18 < -7.25 : Diversas (3/0)
|   |   |   |   MNF 18 >= -7.25 : Piscina (27/0)
|   |   |   MNF 37 >= -0.4
|   |   |   |   AC16 < 1.82 : Diversas (3/0)
|   |   |   |   AC16 >= 1.82
|   |   |   |   |   AC3 < 4540.84
|   |   |   |   |   |   AC12 < 1.22 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC12 >= 1.22 : Metalicas (16/0)
|   |   |   |   |   AC3 >= 4540.84 : Piscina (1/0)
|   B 258 >= 3043.84
|   |   MNF 11 < 44.07
|   |   |   MNF 49 < 37.59 : Metalicas (80/0)
|   |   |   MNF 49 >= 37.59 : Diversas (1/0)
|   |   MNF 11 >= 44.07 : Pav_Nao_Viaria (9/0)

Tamanho da Árvore:109
```

Árvore 8

```
AC8 < 1.08
|   B 55 < 376.39
|   |   B 95 < 1448.85 : Sombra (34/0)
|   |   B 95 >= 1448.85 : Vegetacao_Arborea (17/0)
|   B 55 >= 376.39
|   |   B 144 < 3041.17
|   |   |   B 260 < 1532.5
|   |   |   |   B 33 < 3085.1
|   |   |   |   |   B 247 < 1226.02
|   |   |   |   |   |   B 43 < 1318.06
|   |   |   |   |   |   |   MNF 21 < -3.82 : Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 21 >= -3.82
|   |   |   |   |   |   |   |   MNF 37 < -0.45
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 55 < 710.9 : Lago (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 55 >= 710.9
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 85 < 907.64 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 85 >= 907.64
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 8 < 612.69 : Pav_Nao_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 8 >= 612.69 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   MNF 37 >= -0.45 : Pav_Viaria (10/0)
|   |   |   |   |   |   B 43 >= 1318.06 : Diversas (17/0)
|   |   |   |   |   B 247 >= 1226.02
|   |   |   |   |   |   B 96 < 1207.19
|   |   |   |   |   |   |   B 228 < 1414.73 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 228 >= 1414.73 : Diversas (4/0)
|   |   |   |   |   |   B 96 >= 1207.19
|   |   |   |   |   |   |   MNF 37 < -0.6
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 < -0.18 : Pav_Viaria (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.18 : Diversas (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 37 >= -0.6 : Pav_Viaria (17/0)
|   |   |   |   B 33 >= 3085.1
|   |   |   |   |   B 92 < 1893.8 : Piscina (9/0)
|   |   |   |   |   B 92 >= 1893.8 : Metalicas (1/0)
|   |   |   B 260 >= 1532.5
|   |   |   |   B 90 < 3022.26
|   |   |   |   |   B 15 < 441.19
|   |   |   |   |   |   AC5 < 596.92
|   |   |   |   |   |   |   MNF 30 < -7.74 : Ceramica (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 30 >= -7.74 : Solo_Exposto (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC5 >= 596.92 : Diversas (7/0)
|   |   |   |   |   B 15 >= 441.19
|   |   |   |   |   |   B 47 < 2098.26 : Diversas (66/0)
|   |   |   |   |   |   B 47 >= 2098.26
|   |   |   |   |   |   |   MNF 5 < 0.5 : Diversas (23/0)
```

```
| | | | | | | MNF 5 >= 0.5
| | | | | | | | MNF 38 < -3.37 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | | MNF 38 >= -3.37
| | | | | | | | | B 33 < 2166.63 : Pav_Viaria (4/0)
| | | | | | | | | B 33 >= 2166.63 : Diversas (1/0)
| | | | B 90 >= 3022.26
| | | | | MNF 47 < -1.05 : Piscina (5/0)
| | | | | MNF 47 >= -1.05
| | | | | | AC16 < 1.13 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | AC16 >= 1.13 : Diversas (7/0)
| | B 144 >= 3041.17
| | | MNF 7 < -15
| | | | B 244 < 3236.09
| | | | | MNF 21 < -6.61
| | | | | | B 33 < 1308.77 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | B 33 >= 1308.77 : Diversas (18/0)
| | | | | MNF 21 >= -6.61
| | | | | | AC1 < 1.49 : Pav_Nao_Viaria (4/0)
| | | | | | AC1 >= 1.49
| | | | | | | AC7 < 0.92 : Diversas (1/0)
| | | | | | | AC7 >= 0.92 : Pav_Viaria (1/0)
| | | | B 244 >= 3236.09
| | | | | B 75 < 4096.03
| | | | | | B 94 < 3853.05 : Ceramica (1/0)
| | | | | | B 94 >= 3853.05 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | B 75 >= 4096.03 : Pav_Nao_Viaria (11/0)
| | | MNF 7 >= -15
| | | | B 61 < 1534.42
| | | | | B 155 < 3296.7
| | | | | | MNF 12 < -2.22 : Vegetacao_Rasteira (1/0)
| | | | | | MNF 12 >= -2.22 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | B 155 >= 3296.7 : Vegetacao_Rasteira (15/0)
| | | | B 61 >= 1534.42
| | | | | B 241 < 3603.11
| | | | | | B 5 < 484.12
| | | | | | | B 233 < 3196.59 : Solo_Exposto (12/0)
| | | | | | | B 233 >= 3196.59 : Ceramica (2/0)
| | | | | | B 5 >= 484.12
| | | | | | | B 41 < 2690.21
| | | | | | | | B 89 < 3111.63 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | | B 89 >= 3111.63 : Pav_Viaria (10/0)
| | | | | | | B 41 >= 2690.21 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | B 241 >= 3603.11
| | | | | | MNF 6 < 3.29 : Metalicas (2/0)
| | | | | | MNF 6 >= 3.29 : Ceramica (7/0)
AC8 >= 1.08
```

```
|   B 27 < 1391.09
|   |   MNF 38 < -4.28 : Diversas (12/0)
|   |   MNF 38 >= -4.28 : Lago (6/0)
|   B 27 >= 1391.09
|   |   B 270 < 1568.47
|   |   |   B 58 < 3700.33 : Piscina (5/0)
|   |   |   B 58 >= 3700.33 : Diversas (1/0)
|   |   B 270 >= 1568.47
|   |   |   AC20 < -0.05 : Metalicas (101/0)
|   |   |   AC20 >= -0.05
|   |   |   |   AC6 < 1998.76
|   |   |   |   |   AC10 < 1.28 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   AC10 >= 1.28 : Metalicas (6/0)
|   |   |   |   AC6 >= 1998.76 : Diversas (3/0)
```

Tamanho da Árvore:105

Árvore 9

```
B 18 < 578.28
|   B 265 < 1010.43
|   |   B 85 < 1400.55
|   |   |   AC9 < 0.47 : Sombra (28/0)
|   |   |   AC9 >= 0.47 : Lago (6/0)
|   |   B 85 >= 1400.55 : Vegetacao_Arborea (19/0)
|   B 265 >= 1010.43
|   |   B 102 < 2628.14
|   |   |   AC16 < 2.15
|   |   |   |   B 166 < 1959.21
|   |   |   |   |   B 92 < 1540.18 : Ceramica (4/0)
|   |   |   |   |   B 92 >= 1540.18 : Solo_Exposto (8/0)
|   |   |   |   B 166 >= 1959.21
|   |   |   |   |   B 9 < 414.46 : Ceramica (10/0)
|   |   |   |   |   B 9 >= 414.46 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   AC16 >= 2.15 : Diversas (7/0)
|   |   B 102 >= 2628.14
|   |   |   MNF 8 < -9.41
|   |   |   |   B 59 < 2561.95 : Solo_Exposto (11/0)
|   |   |   |   B 59 >= 2561.95 : Ceramica (1/0)
|   |   |   MNF 8 >= -9.41 : Vegetacao_Rasteira (16/0)
B 18 >= 578.28
|   B 241 < 3233.37
|   |   AC7 < 1.21
|   |   |   AC17 < 1475.3
|   |   |   |   B 153 < 2323.96
|   |   |   |   |   B 63 < 942.45
|   |   |   |   |   |   B 7 < 652.41 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 7 >= 652.41 : Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   B 63 >= 942.45
|   |   |   |   |   |   B 1 < 408.14
|   |   |   |   |   |   |   AC11 < 0.68 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.68 : Diversas (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 1 >= 408.14
|   |   |   |   |   |   |   B 2 < 495.59
|   |   |   |   |   |   |   |   B 70 < 1229.15 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 70 >= 1229.15 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 2 >= 495.59 : Pav_Viaria (26/0)
|   |   |   |   B 153 >= 2323.96
|   |   |   |   |   B 15 < 774.78
|   |   |   |   |   |   B 92 < 3054.65 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   |   B 92 >= 3054.65 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   B 15 >= 774.78
|   |   |   |   |   |   B 75 < 2957.52 : Diversas (3/0)
```

```
| | | | | | B 75 >= 2957.52
| | | | | | | MNF 36 < 2.38 : Pav_Nao_Viaria (5/0)
| | | | | | | MNF 36 >= 2.38 : Diversas (3/0)
| | | AC17 >= 1475.3
| | | | MNF 25 < 13.68
| | | | | MNF 20 < 1.41 : Diversas (133/0)
| | | | | MNF 20 >= 1.41
| | | | | | B 161 < 2197.22
| | | | | | | AC19 < -0.46 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.46 : Pav_Viaria (16/0)
| | | | | | B 161 >= 2197.22
| | | | | | | B 147 < 3518.23 : Diversas (14/0)
| | | | | | | B 147 >= 3518.23 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | MNF 25 >= 13.68
| | | | | B 59 < 2918.98
| | | | | | AC12 < 0.99 : Pav_Viaria (3/0)
| | | | | | AC12 >= 0.99 : Diversas (4/0)
| | | | | B 59 >= 2918.98
| | | | | | AC5 < 112.15 : Metalicas (3/0)
| | | | | | AC5 >= 112.15 : Piscina (6/0)
| | AC7 >= 1.21
| | | AC22 < 0.21 : Metalicas (21/0)
| | | AC22 >= 0.21 : Piscina (7/0)
| B 241 >= 3233.37
| | B 45 < 4663.31
| | | B 89 < 3881.68
| | | | MNF 41 < 6.08 : Metalicas (26/0)
| | | | MNF 41 >= 6.08 : Ceramica (1/0)
| | | B 89 >= 3881.68
| | | | SAVI < 0.06 : Pav_Nao_Viaria (12/0)
| | | | SAVI >= 0.06
| | | | | B 85 < 4111.82 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | B 85 >= 4111.82 : Ceramica (8/0)
| | B 45 >= 4663.31 : Metalicas (53/0)
```

Tamanho da Árvore:79

Árvore 10

```
B 4 < 1304.12
|   AC21 < 0.47
|   |   B 222 < 3044.35
|   |   |   B 260 < 1395.24
|   |   |   |   B 103 < 959.19
|   |   |   |   |   MNF 14 < -8 : Diversas (10/0)
|   |   |   |   |   MNF 14 >= -8
|   |   |   |   |   |   B 84 < 750.32 : Lago (5/0)
|   |   |   |   |   |   B 84 >= 750.32 : Pav_Viaria (3/0)
|   |   |   |   B 103 >= 959.19
|   |   |   |   |   B 25 < 729.77
|   |   |   |   |   |   B 149 < 1304.53 : Pav_Nao_Viaria (4/0)
|   |   |   |   |   |   B 149 >= 1304.53 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   B 25 >= 729.77
|   |   |   |   |   |   AC22 < 0.24 : Pav_Viaria (27/0)
|   |   |   |   |   |   AC22 >= 0.24 : Diversas (1/0)
|   |   |   B 260 >= 1395.24
|   |   |   |   B 5 < 408.58
|   |   |   |   |   B 55 < 1468.62
|   |   |   |   |   |   AC13 < 0.4 : Diversas (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC13 >= 0.4
|   |   |   |   |   |   |   B 85 < 2014.85
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 < 1.6
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC3 < 1150.51 : Ceramica (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   AC3 >= 1150.51 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC16 >= 1.6 : Ceramica (7/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 85 >= 2014.85
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI < 0.36 : Pav_Viaria (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.36 : Vegetacao_Rasteira (2/0)
|   |   |   |   |   B 55 >= 1468.62 : Solo_Exposto (17/0)
|   |   |   |   B 5 >= 408.58
|   |   |   |   |   B 72 < 2843.85
|   |   |   |   |   |   MNF 41 < -0.48 : Diversas (36/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 41 >= -0.48
|   |   |   |   |   |   |   B 47 < 1272.33 : Diversas (21/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 47 >= 1272.33
|   |   |   |   |   |   |   |   B 8 < 747.13 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 8 >= 747.13
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 266 < 1872.75
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 130 < 1693.49 : Pav_Viaria (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 130 >= 1693.49 : Diversas (19/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   B 266 >= 1872.75
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 49 < 2202.69 : Diversas (3/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   B 49 >= 2202.69 : Pav_Viaria (3/0)
```

```
| | | | | B 72 >= 2843.85
| | | | | | B 11 < 1196.05 : Pav_Viaria (16/0)
| | | | | | B 11 >= 1196.05 : Diversas (14/0)
| | B 222 >= 3044.35
| | | B 36 < 2527.2
| | | | B 219 < 2919.31
| | | | | B 86 < 3142.01 : Ceramica (1/0)
| | | | | B 86 >= 3142.01 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
| | | | B 219 >= 2919.31 : Ceramica (13/0)
| | | B 36 >= 2527.2
| | | | MNF 44 < 0.06 : Pav_Nao_Viaria (12/0)
| | | | MNF 44 >= 0.06 : Diversas (1/0)
| AC21 >= 0.47
| | B 154 < 2047.45
| | | B 54 < 371.75 : Sombra (27/0)
| | | B 54 >= 371.75 : Diversas (2/0)
| | B 154 >= 2047.45
| | | B 33 < 744.94 : Vegetacao_Arborea (20/0)
| | | B 33 >= 744.94 : Vegetacao_Rasteira (13/0)
B 4 >= 1304.12
| B 265 < 2731.77
| | B 93 < 1149.69 : Piscina (11/0)
| | B 93 >= 1149.69
| | | B 263 < 2795.93
| | | | MNF 3 < -27.26
| | | | | B 69 < 3774.47 : Metalicas (13/0)
| | | | | B 69 >= 3774.47 : Diversas (1/0)
| | | | MNF 3 >= -27.26
| | | | | AC8 < 1.08
| | | | | | B 222 < 15004.36
| | | | | | | B 3 < 1408.67
| | | | | | | | AC2 < 1.83 : Pav_Viaria (2/0)
| | | | | | | | AC2 >= 1.83 : Diversas (3/0)
| | | | | | | B 3 >= 1408.67
| | | | | | | | B 263 < 1648.96
| | | | | | | | | AC18 < 3290.78 : Diversas (14/0)
| | | | | | | | | AC18 >= 3290.78 : Metalicas (1/0)
| | | | | | | | B 263 >= 1648.96 : Diversas (30/0)
| | | | | | B 222 >= 15004.36 : Metalicas (2/0)
| | | | | AC8 >= 1.08 : Metalicas (16/0)
| | | B 263 >= 2795.93
| | | | MNF 40 < -4.09 : Diversas (2/0)
| | | | MNF 40 >= -4.09 : Piscina (8/0)
| B 265 >= 2731.77
| | MNF 13 < 48.28
| | | B 248 < 9792.54 : Metalicas (82/0)
```

```
|   |   |   B 248 >= 9792.54 : Diversas (1/0)
|   |   MNF 13 >= 48.28 : Pav_Nao_Viaria (1/0)
```

Tamanho da Árvore:93

B.2 Nível de Detalhamento 2

B.2.1 Árvore C.45

```
B 2 <= 1268.714286
|   B 168 <= 1387.269903
|   |   AC21 <= 0.59747
|   |   |   MNF 4 <= -5.212313
|   |   |   |   AC21 <= 0.25318: Lago (7.0)
|   |   |   |   AC21 > 0.25318: Policarbonato (6.0)
|   |   |   MNF 4 > -5.212313
|   |   |   |   AC4 <= 960.632157: Carvao_Coque (5.0/1.0)
|   |   |   |   AC4 > 960.632157
|   |   |   |   |   AC22 <= 0.239307: Asfalto (21.0)
|   |   |   |   |   AC22 > 0.239307: Vidro_Aramado (2.0)
|   |   AC21 > 0.59747
|   |   |   AC22 <= 0.373858: Vegetacao_Arborea (20.0)
|   |   |   AC22 > 0.373858: Sombra (21.0)
|   B 168 > 1387.269903
|   |   AC11 <= 0.487113
|   |   |   AC20 <= 0.085273
|   |   |   |   B 271 <= 2952.048781
|   |   |   |   |   MNF 30 <= 4.1159
|   |   |   |   |   |   MNF 24 <= 6.193446
|   |   |   |   |   |   |   AC5 <= 370.995804: Solo_Exposto (21.0/2.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC5 > 370.995804: Ceramica_Escura (9.0)
|   |   |   |   |   |   MNF 24 > 6.193446
|   |   |   |   |   |   |   AC20 <= 0.024157: Cimento_Pintado_Vermelho (15.0)
|   |   |   |   |   |   |   AC20 > 0.024157: Concreto_Pintado_Vermelho (3.0)
|   |   |   |   |   MNF 30 > 4.1159: Asfalto_Pintado_Vermelho (14.0)
|   |   |   |   B 271 > 2952.048781: Ceramica_Iluminada (10.0)
|   |   |   AC20 > 0.085273
|   |   |   |   B 68 <= 1675.37931: Amianto (5.0/1.0)
|   |   |   |   B 68 > 1675.37931
|   |   |   |   |   MNF 8 <= -3.231814: Bloquete (5.0/1.0)
|   |   |   |   |   MNF 8 > -3.231814: Vegetacao_Rasteira (19.0)
|   |   AC11 > 0.487113
|   |   |   MNF 3 <= -5.856243
|   |   |   |   MNF 21 <= 8.813904
|   |   |   |   |   MNF 23 <= 8.191947
|   |   |   |   |   |   MNF 20 <= 1.417295
|   |   |   |   |   |   |   MNF 36 <= -2.61651
|   |   |   |   |   |   |   |   B 99 <= 1591.302587: Policarbonato (4.0/1.0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 99 > 1591.302587: Acrilico (11.0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 36 > -2.61651
```

```
| | | | | | | | MNF 9 <= 2.747194: Amianto (13.0)
| | | | | | | | MNF 9 > 2.747194: Concreto (19.0)
| | | | | | MNF 20 > 1.417295
| | | | | | | AC5 <= 613.330392: Asfalto_Pintado_Branco (16.0)
| | | | | | | AC5 > 613.330392: Aco_Galvanizado_Ferrugem (3.0/2.0)
| | | | | MNF 23 > 8.191947: Fibra_Vidro (9.0/1.0)
| | | | MNF 21 > 8.813904
| | | | | SAVI <= 0.210102
| | | | | | B 814 <= 0.990844: Concreto_Pintado_Amarelo (8.0)
| | | | | | B 814 > 0.990844: Pastilha_Esmaltada (10.0)
| | | | | SAVI > 0.210102: Cimento_Pintado_Verde (10.0)
| | | MNF 3 > -5.856243
| | | | AC15 <= 1.405041: Pedra_Mineira (15.0)
| | | | AC15 > 1.405041
| | | | | MNF 35 <= -3.158133: Bloquete (6.0/1.0)
| | | | | MNF 35 > -3.158133: Cimento (7.0)
B 2 > 1268.714286
| MNF 3 <= -22.254926
| | MNF 29 <= -1.778757: Aco_galv_fosco (20.0)
| | MNF 29 > -1.778757
| | | SAVI <= -0.461811: Piscina_Azulejo (10.0)
| | | SAVI > -0.461811
| | | | B 814 <= 18.026791
| | | | | AC20 <= -0.044408: Manta_Asfaltica (2.0)
| | | | | AC20 > -0.044408: Fibra_Vidro (2.0)
| | | | B 814 > 18.026791: Acrilico (3.0)
| MNF 3 > -22.254926
| | MNF 2 <= 23.318225
| | | AC6 <= 358.46538: Plastico (13.0/1.0)
| | | AC6 > 358.46538
| | | | AC2 <= 1.792899: Piscina_Vinil (5.0)
| | | | AC2 > 1.792899: CRFS (10.0)
| | MNF 2 > 23.318225
| | | AC5 <= 441.545221
| | | | SAVI <= -0.102952: Galvalume_B (16.0/1.0)
| | | | SAVI > -0.102952
| | | | | MNF 24 <= 21.63885
| | | | | | AC20 <= -0.029907: Galvalume_A (19.0)
| | | | | | AC20 > -0.029907
| | | | | | | MNF 47 <= -3.254102: Galvalume_A (2.0/1.0)
| | | | | | | MNF 47 > -3.254102: Concreto_Impermeabilizado (15.0)
| | | | | MNF 24 > 21.63885: Galvalume_C (5.0/1.0)
| | | AC5 > 441.545221
| | | | AC4 <= 5097.680118
| | | | | MNF 13 <= 10.126131: Aco_Galvanizado_Brilhante (21.0/1.0)
| | | | | MNF 13 > 10.126131: Aco_Galvanizado_Ferrugem (13.0)
```

| | | | AC4 > 5097.680118: Galvalume_C (9.0)

Tamanho da Árvore: 89

B.2.2 Árvores Random Forest

Árvore 1

```
AC4 < 2213.42
|   B 55 < 1434.96
|   |   B 255 < 1685.69
|   |   |   B 14 < 307.82
|   |   |   |   AC5 < -248.13 : Vegetacao_Arborea (18/0)
|   |   |   |   AC5 >= -248.13
|   |   |   |   |   B 58 < 291.11 : Sombra (19/0)
|   |   |   |   |   B 58 >= 291.11 : Lago (6/0)
|   |   |   B 14 >= 307.82
|   |   |   |   MNF 20 < -5.51 : Policarbonato (10/0)
|   |   |   |   MNF 20 >= -5.51
|   |   |   |   |   B 7 < 519.42
|   |   |   |   |   |   AC16 < 2.34 : Carvao_Coque (6/0)
|   |   |   |   |   |   AC16 >= 2.34 : Vidro_Aramado (4/0)
|   |   |   |   |   B 7 >= 519.42
|   |   |   |   |   |   B 105 < 1349.64 : Asfalto (21/0)
|   |   |   |   |   |   B 105 >= 1349.64 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   B 255 >= 1685.69
|   |   |   B 70 < 1452.59
|   |   |   |   B 108 < 1800.39
|   |   |   |   |   B 132 < 2071.54 : Amianto (17/0)
|   |   |   |   |   B 132 >= 2071.54
|   |   |   |   |   |   AC21 < 0.32 : Concreto (3/0)
|   |   |   |   |   |   AC21 >= 0.32 : Amianto (2/0)
|   |   |   |   B 108 >= 1800.39
|   |   |   |   |   SAVI < 0.18 : Acrilico (5/0)
|   |   |   |   |   SAVI >= 0.18
|   |   |   |   |   |   B 71 < 1300.33 : Acrilico (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 71 >= 1300.33 : Amianto (3/0)
|   |   |   B 70 >= 1452.59
|   |   |   |   B 204 < 2661.52
|   |   |   |   |   B 6 < 604.65
|   |   |   |   |   |   B 84 < 2054
|   |   |   |   |   |   |   B 73 < 1558.8 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 73 >= 1558.8 : Ceramica_Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 84 >= 2054 : Bloquete (3/0)
|   |   |   |   |   B 6 >= 604.65 : Cimento_Pintado_Verde (6/0)
|   |   |   |   B 204 >= 2661.52 : Vegetacao_Rasteira (17/0)
|   B 55 >= 1434.96
|   |   B 194 < 2697.17
|   |   |   AC16 < 1.51
```

```
| | | | MNF 12 < -21.04
| | | | | B 96 < 2561.8 : Pastilha_Esmaltada (8/0)
| | | | | B 96 >= 2561.8
| | | | | | B 37 < 2780.85 : Concreto_Pintado_Amarelo (11/0)
| | | | | | B 37 >= 2780.85 : Pastilha_Esmaltada (1/0)
| | | | MNF 12 >= -21.04
| | | | | B 240 < 2034.15
| | | | | | MNF 45 < 0.53 : Concreto (1/0)
| | | | | | MNF 45 >= 0.53 : Asfalto_Pintado_Vermelho (6/0)
| | | | | B 240 >= 2034.15
| | | | | | AC3 < 1078.08 : Ceramica_Escura (1/0)
| | | | | | AC3 >= 1078.08 : Solo_Exposto (1/0)
| | | AC16 >= 1.51
| | | | B 260 < 1533.1
| | | | | B 259 < 1224.09
| | | | | | AC1 < 2.07 : Acrilico (1/0)
| | | | | | AC1 >= 2.07 : Plastico (7/0)
| | | | | B 259 >= 1224.09 : Asfalto_Pintado_Branco (12/0)
| | | | B 260 >= 1533.1
| | | | | B 256 < 1916.36 : Concreto (16/0)
| | | | | B 256 >= 1916.36
| | | | | | B 9 < 1082.31 : Pastilha_Esmaltada (3/0)
| | | | | | B 9 >= 1082.31
| | | | | | | B 199 < 2344.86 : Fibra_Vidro (8/0)
| | | | | | | B 199 >= 2344.86 : Asfalto_Pintado_Branco (3/0)
| | B 194 >= 2697.17
| | | MNF 9 < 37.52
| | | | B 252 < 3221.19
| | | | | B 30 < 1190.04
| | | | | | MNF 35 < 2.78 : Solo_Exposto (10/0)
| | | | | | MNF 35 >= 2.78
| | | | | | | B 96 < 2810.41
| | | | | | | | AC18 < 1058.08 : Ceramica_Escura (1/0)
| | | | | | | | AC18 >= 1058.08 : Cimento_Pintado_Vermelho (5/0)
| | | | | | | B 96 >= 2810.41 : Asfalto_Pintado_Vermelho (9/0)
| | | | | B 30 >= 1190.04
| | | | | | AC18 < 1556.9
| | | | | | | B 148 < 3111.26 : Concreto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | | | B 148 >= 3111.26
| | | | | | | | AC5 < -338.75 : Cimento_Pintado_Vermelho (7/0)
| | | | | | | | AC5 >= -338.75 : Bloquete (3/0)
| | | | | | AC18 >= 1556.9
| | | | | | | B 83 < 3995.73 : Cimento (10/0)
| | | | | | | B 83 >= 3995.73
| | | | | | | | B 98 < 4152.17 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
| | | | | | | | B 98 >= 4152.17 : Concreto_Pintado_Amarelo (1/0)
```

```
| | | | B 252 >= 3221.19
| | | | | AC2 < 1.55 : Ceramica_Iluminada (12/0)
| | | | | AC2 >= 1.55 : Ceramica_Escura (3/0)
| | | MNF 9 >= 37.52
| | | | MNF 44 < 1.63 : Pedra_Mineira (21/0)
| | | | MNF 44 >= 1.63 : Solo_Exposto (1/0)
AC4 >= 2213.42
| B 141 < 2900.12
| | B 91 < 2354.16
| | | B 243 < 1610.43
| | | | MNF 27 < 28.67 : Piscina_Azulejo (9/0)
| | | | MNF 27 >= 28.67 : Plastico (1/0)
| | | B 243 >= 1610.43
| | | | B 143 < 2305.78 : Aco_galv_fosco (20/0)
| | | | B 143 >= 2305.78 : Policarbonato (1/0)
| | B 91 >= 2354.16
| | | B 212 < 2556.92
| | | | MNF 24 < 15.2
| | | | | AC21 < -0.11 : Manta_Asfaltica (2/0)
| | | | | AC21 >= -0.11 : Plastico (3/0)
| | | | MNF 24 >= 15.2 : Acrilico (9/0)
| | | B 212 >= 2556.92
| | | | MNF 19 < 2.13 : CRFS (8/0)
| | | | MNF 19 >= 2.13 : Piscina_Vinil (9/0)
| B 141 >= 2900.12
| | B 73 < 5271.37
| | | B 12 < 2608.16
| | | | MNF 39 < 4.04 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (9/0)
| | | | MNF 39 >= 4.04
| | | | | AC12 < 1.02 : Pedra_Mineira (1/0)
| | | | | AC12 >= 1.02 : CRFS (1/0)
| | | B 12 >= 2608.16
| | | | MNF 25 < 2.32
| | | | | MNF 16 < 8.54 : Aco_Galvanizado_Brilhante (23/0)
| | | | | MNF 16 >= 8.54
| | | | | | AC11 < 0.91 : Concreto_Impermeabilizado (2/0)
| | | | | | AC11 >= 0.91
| | | | | | | MNF 40 < -0.82 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | | | MNF 40 >= -0.82 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
| | | | MNF 25 >= 2.32
| | | | | MNF 6 < 2.06
| | | | | | B 87 < 3818.73 : CRFS (1/0)
| | | | | | B 87 >= 3818.73 : Galvalume_C (4/0)
| | | | | MNF 6 >= 2.06
| | | | | | SAVI < -0.12
| | | | | | | B 71 < 4383.98 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
```

```
| | | | | | | B 71 >= 4383.98 : Galvalume_B (1/0)
| | | | | | SAVI >= -0.12
| | | | | | | SAVI < -0.08 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (2/0)
| | | | | | | SAVI >= -0.08 : Galvalume_A (1/0)
| | B 73 >= 5271.37
| | | B 6 < 4449.2
| | | | AC7 < 1.01 : Concreto_Impermeabilizado (12/0)
| | | | AC7 >= 1.01 : Galvalume_B (13/0)
| | | B 6 >= 4449.2
| | | | B 187 < 5747.02
| | | | | B 34 < 4542.61 : Galvalume_A (17/0)
| | | | | B 34 >= 4542.61 : Galvalume_B (2/0)
| | | | B 187 >= 5747.02
| | | | | B 20 < 5412.63
| | | | | | MNF 45 < 24.51 : Galvalume_A (3/0)
| | | | | | MNF 45 >= 24.51 : Manta_Asfaltica (2/0)
| | | | | B 20 >= 5412.63 : Galvalume_C (10/0)
```

Tamanho da Árvore:151

Árvore 2

```
B 4 < 1219.84
|   B 83 < 1607.75
|   |   B 196 < 1676.03
|   |   |   B 74 < 730.73
|   |   |   |   B 62 < 360.4 : Sombra (20/0)
|   |   |   |   B 62 >= 360.4
|   |   |   |   |   B 244 < 776.47 : Lago (8/0)
|   |   |   |   |   B 244 >= 776.47 : Vidro_Aramado (1/0)
|   |   |   B 74 >= 730.73
|   |   |   |   AC22 < 0.2
|   |   |   |   |   AC18 < 949.06 : Carvao_Coque (4/0)
|   |   |   |   |   AC18 >= 949.06 : Asfalto (19/0)
|   |   |   |   AC22 >= 0.2 : Policarbonato (10/0)
|   |   B 196 >= 1676.03
|   |   |   B 271 < 2052.3
|   |   |   |   B 240 < 1680.23
|   |   |   |   |   B 50 < 931.09 : Ceramica_Escura (4/0)
|   |   |   |   |   B 50 >= 931.09
|   |   |   |   |   |   AC11 < 0.52 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.52 : Concreto (2/0)
|   |   |   |   B 240 >= 1680.23
|   |   |   |   |   MNF 7 < 6.68 : Amianto (19/0)
|   |   |   |   |   MNF 7 >= 6.68
|   |   |   |   |   |   MNF 18 < -0.99 : Amianto (4/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 18 >= -0.99 : Concreto (2/0)
|   |   |   B 271 >= 2052.3
|   |   |   |   B 29 < 937.39 : Concreto (2/0)
|   |   |   |   B 29 >= 937.39 : Acrilico (6/0)
|   B 83 >= 1607.75
|   |   AC11 < 0.51
|   |   |   B 5 < 445.05
|   |   |   |   B 8 < 287.99 : Vegetacao_Arborea (14/0)
|   |   |   |   B 8 >= 287.99
|   |   |   |   |   B 45 < 1279.83
|   |   |   |   |   |   B 205 < 2641.87
|   |   |   |   |   |   |   MNF 42 < 2.46 : Bloquete (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 42 >= 2.46 : Solo_Exposto (2/0)
|   |   |   |   |   |   B 205 >= 2641.87
|   |   |   |   |   |   |   B 88 < 2381.94 : Bloquete (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 88 >= 2381.94 : Vegetacao_Rasteira (24/0)
|   |   |   |   |   B 45 >= 1279.83
|   |   |   |   |   |   AC16 < 1.37 : Solo_Exposto (11/0)
|   |   |   |   |   |   AC16 >= 1.37 : Ceramica_Escura (3/0)
|   |   |   B 5 >= 445.05
```

```
| | | | B 197 < 3862.77
| | | | | MNF 36 < 5.08
| | | | | | MNF 22 < -3.87 : Asfalto_Pintado_Vermelho (14/0)
| | | | | | MNF 22 >= -3.87
| | | | | | | B 3 < 503.23 : Bloquete (4/0)
| | | | | | | B 3 >= 503.23
| | | | | | | | B 75 < 2754 : Concreto (1/0)
| | | | | | | | B 75 >= 2754 : Solo_Exposto (3/0)
| | | | | MNF 36 >= 5.08
| | | | | | AC1 < 1.64
| | | | | | | AC4 < 1010.84 : Cimento_Pintado_Vermelho (3/0)
| | | | | | | AC4 >= 1010.84 : Concreto_Pintado_Vermelho (6/0)
| | | | | | AC1 >= 1.64 : Cimento_Pintado_Vermelho (11/0)
| | | | B 197 >= 3862.77
| | | | | B 87 < 3569.32 : Cimento (1/0)
| | | | | B 87 >= 3569.32 : Ceramica_Iluminada (16/0)
| | AC11 >= 0.51
| | | B 117 < 2157.28
| | | | MNF 32 < -3.52
| | | | | AC17 < 1647.23 : Concreto_Pintado_Amarelo (5/0)
| | | | | AC17 >= 1647.23 : Cimento_Pintado_Verde (12/0)
| | | | MNF 32 >= -3.52
| | | | | MNF 15 < -4.3 : Pastilha_Esmaltada (5/0)
| | | | | MNF 15 >= -4.3
| | | | | | MNF 17 < -0.16
| | | | | | | MNF 28 < -0.57 : Concreto (4/0)
| | | | | | | MNF 28 >= -0.57
| | | | | | | | B 75 < 1890.06 : Acrilico (1/0)
| | | | | | | | B 75 >= 1890.06 : Fibra_Vidro (2/0)
| | | | | | MNF 17 >= -0.16
| | | | | | | MNF 49 < 2.01 : Asfalto_Pintado_Branco (16/0)
| | | | | | | MNF 49 >= 2.01 : Concreto (1/0)
| | | B 117 >= 2157.28
| | | | MNF 31 < -1.93 : Cimento (4/0)
| | | | MNF 31 >= -1.93
| | | | | AC21 < -0.01 : Pedra_Mineira (11/0)
| | | | | AC21 >= -0.01 : Bloquete (7/0)
B 4 >= 1219.84
| B 109 < 2930.08
| | AC2 < 2.27
| | | MNF 5 < 6.17
| | | | B 47 < 2578.04
| | | | | AC18 < 2464.9 : Acrilico (4/0)
| | | | | AC18 >= 2464.9
| | | | | | B 70 < 2223.7 : Policarbonato (4/0)
| | | | | | B 70 >= 2223.7 : CRFS (1/0)
```

```
| | | | B 47 >= 2578.04 : Fibra_Vidro (11/0)
| | | MNF 5 >= 6.17
| | | | B 56 < 2771.3 : Plastico (10/0)
| | | | B 56 >= 2771.3 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
| | AC2 >= 2.27
| | | B 238 < 1604.24 : Piscina_Azulejo (6/0)
| | | B 238 >= 1604.24 : Aco_galv_fosco (25/0)
| B 109 >= 2930.08
| | AC20 < -0.03
| | | AC2 < 1.81
| | | | B 247 < 6465.24
| | | | | B 188 < 4683.09
| | | | | | NDVI < -0.07 : Galvalume_B (13/0)
| | | | | | NDVI >= -0.07 : Galvalume_A (5/0)
| | | | | B 188 >= 4683.09 : Galvalume_A (18/0)
| | | | B 247 >= 6465.24
| | | | | B 44 < 5374.84 : Manta_Asfaltica (2/0)
| | | | | B 44 >= 5374.84 : Galvalume_C (5/0)
| | | AC2 >= 1.81
| | | | MNF 28 < -6.28
| | | | | AC4 < 3388.54 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (2/0)
| | | | | AC4 >= 3388.54 : Galvalume_C (10/0)
| | | | MNF 28 >= -6.28
| | | | | B 66 < 3439.88 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (10/0)
| | | | | B 66 >= 3439.88
| | | | | | B 265 < 2106.8 : Galvalume_A (3/0)
| | | | | | B 265 >= 2106.8
| | | | | | | B 24 < 2974.68 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (3/0)
| | | | | | | B 24 >= 2974.68
| | | | | | | | B 255 < 4155.62 : Aco_Galvanizado_Brilhante (12/0)
| | | | | | | | B 255 >= 4155.62
| | | | | | | | | MNF 46 < -4.06 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (2/0)
| | | | | | | | | MNF 46 >= -4.06
| | | | | | | | | | AC16 < 1.72 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
| | | | | | | | | | AC16 >= 1.72 : Aco_Galvanizado_Brilhante (9/0)
| | AC20 >= -0.03
| | | B 233 < 3748.29
| | | | B 32 < 3249.39
| | | | | AC9 < 1.28
| | | | | | B 238 < 3029.94
| | | | | | | B 62 < 2751.3 : Plastico (1/0)
| | | | | | | B 62 >= 2751.3 : CRFS (6/0)
| | | | | | B 238 >= 3029.94 : Piscina_Vinil (2/0)
| | | | | AC9 >= 1.28
| | | | | | AC10 < 1.36 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | AC10 >= 1.36 : Acrilico (1/0)
```

```
| | | | B 32 >= 3249.39
| | | | | B 51 < 3614.49
| | | | | | AC16 < 1.71 : Concreto_Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | AC16 >= 1.71 : CRFS (1/0)
| | | | | B 51 >= 3614.49 : Concreto_Impermeabilizado (14/0)
| | | B 233 >= 3748.29
| | | | NDVI < 0 : Pedra_Mineira (4/0)
| | | | NDVI >= 0
| | | | | MNF 17 < 1.44
| | | | | | B 89 < 11582.89 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | | B 89 >= 11582.89 : Galvalume_C (1/0)
| | | | | MNF 17 >= 1.44 : Lona (2/0)
```

Tamanho da Árvore:149

Árvore 3

```
B 153 < 2569.16
|   B 178 < 1547.48
|   |   B 38 < 698
|   |   |   B 147 < 1430.66
|   |   |   |   MNF 37 < -0.16
|   |   |   |   |   MNF 1 < 48.69 : Lago (11/0)
|   |   |   |   |   MNF 1 >= 48.69
|   |   |   |   |   |   B 61 < 453.3 : Sombra (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 61 >= 453.3 : Vidro_Aramado (1/0)
|   |   |   |   MNF 37 >= -0.16 : Sombra (19/0)
|   |   |   B 147 >= 1430.66 : Vegetacao_Arborea (12/0)
|   |   B 38 >= 698
|   |   |   B 87 < 1521.42
|   |   |   |   B 5 < 679.86
|   |   |   |   |   AC2 < 1.76 : Carvao_Coque (3/0)
|   |   |   |   |   AC2 >= 1.76
|   |   |   |   |   |   B 8 < 529.42 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 8 >= 529.42 : Asfalto (19/0)
|   |   |   |   B 5 >= 679.86
|   |   |   |   |   MNF 18 < -2.35 : Policarbonato (1/0)
|   |   |   |   |   MNF 18 >= -2.35 : Piscina_Azulejo (10/0)
|   |   |   B 87 >= 1521.42
|   |   |   |   AC7 < 1.03 : Plastico (8/0)
|   |   |   |   AC7 >= 1.03
|   |   |   |   |   B 80 < 2006.75 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
|   |   |   |   |   B 80 >= 2006.75
|   |   |   |   |   |   AC17 < 1021.19 : Asfalto_Pintado_Vermelho (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC17 >= 1021.19 : Acrilico (1/0)
|   B 178 >= 1547.48
|   |   B 24 < 980.35
|   |   |   AC2 < 2.15
|   |   |   |   MNF 20 < -0.83
|   |   |   |   |   B 76 < 1727.05
|   |   |   |   |   |   AC14 < 0.35 : Pastilha_Esmaltada (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC14 >= 0.35 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   B 76 >= 1727.05 : Cimento_Pintado_Verde (6/0)
|   |   |   |   MNF 20 >= -0.83
|   |   |   |   |   NDVI < 0.06 : Asfalto_Pintado_Vermelho (7/0)
|   |   |   |   |   NDVI >= 0.06 : Ceramica_Escura (11/0)
|   |   |   AC2 >= 2.15
|   |   |   |   B 95 < 1391.89 : Amianto (17/0)
|   |   |   |   B 95 >= 1391.89
|   |   |   |   |   B 48 < 1023.74 : Concreto (6/0)
|   |   |   |   |   B 48 >= 1023.74 : Amianto (6/0)
```

```
| | B 24 >= 980.35
| | | MNF 12 < 1.82
| | | | MNF 20 < -6.89
| | | | | MNF 44 < 0.9
| | | | | | MNF 25 < -0.73 : Fibra_Vidro (5/0)
| | | | | | MNF 25 >= -0.73 : Policarbonato (5/0)
| | | | | MNF 44 >= 0.9
| | | | | | MNF 50 < 7.84 : Pastilha_Esmaltada (10/0)
| | | | | | MNF 50 >= 7.84 : Cimento_Pintado_Verde (1/0)
| | | | MNF 20 >= -6.89
| | | | | B 206 < 1972.81
| | | | | | B 243 < 1664.85
| | | | | | | B 255 < 1559.58
| | | | | | | | AC20 < 0.05 : Asfalto_Pintado_Branco (5/0)
| | | | | | | | AC20 >= 0.05 : Concreto (1/0)
| | | | | | | B 255 >= 1559.58 : Concreto (5/0)
| | | | | | B 243 >= 1664.85 : Asfalto_Pintado_Branco (9/0)
| | | | | B 206 >= 1972.81
| | | | | | B 99 < 2410.44 : Concreto (12/0)
| | | | | | B 99 >= 2410.44
| | | | | | | B 85 < 2435.44 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | | B 85 >= 2435.44 : Concreto_Pintado_Amarelo (3/0)
| | | MNF 12 >= 1.82
| | | | MNF 8 < 1.34
| | | | | B 136 < 2138.18 : Acrilico (8/0)
| | | | | B 136 >= 2138.18
| | | | | | B 94 < 2011.9 : Acrilico (2/0)
| | | | | | B 94 >= 2011.9 : Fibra_Vidro (7/0)
| | | | MNF 8 >= 1.34 : Aco_galv_fosco (22/0)
B 153 >= 2569.16
| B 26 < 2036.01
| | B 58 < 1499.56
| | | B 89 < 2819.25
| | | | AC10 < 0.75
| | | | | SAVI < 0.16 : Acrilico (1/0)
| | | | | SAVI >= 0.16 : Amianto (4/0)
| | | | AC10 >= 0.75
| | | | | MNF 1 < 55.56 : Bloquete (5/0)
| | | | | MNF 1 >= 55.56 : Concreto (1/0)
| | | B 89 >= 2819.25
| | | | AC15 < 5.87 : Vegetacao_Rasteira (26/0)
| | | | AC15 >= 5.87 : Vegetacao_Arborea (10/0)
| | B 58 >= 1499.56
| | | MNF 20 < 6.15
| | | | AC9 < 1.03
| | | | | B 27 < 951.07
```

```
| | | | | | AC6 < 546.19 : Solo_Exposto (10/0)
| | | | | | AC6 >= 546.19 : Ceramica_Escura (1/0)
| | | | | B 27 >= 951.07
| | | | | | AC2 < 1.37 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | AC2 >= 1.37
| | | | | | | B 25 < 1650.06
| | | | | | | | MNF 30 < -4.35 : Cimento (1/0)
| | | | | | | | MNF 30 >= -4.35 : Bloquete (13/0)
| | | | | | | B 25 >= 1650.06 : Cimento (2/0)
| | | | AC9 >= 1.03
| | | | | MNF 44 < -0.25 : Pedra_Mineira (10/0)
| | | | | MNF 44 >= -0.25
| | | | | | AC8 < 0.95 : Concreto_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | AC8 >= 0.95 : Cimento (1/0)
| | | MNF 20 >= 6.15
| | | | B 226 < 3434.21
| | | | | AC2 < 1.35
| | | | | | B 192 < 3423.19
| | | | | | | MNF 23 < -6.78 : Asfalto_Pintado_Vermelho (7/0)
| | | | | | | MNF 23 >= -6.78 : Cimento_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | B 192 >= 3423.19 : Cimento_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | AC2 >= 1.35 : Cimento_Pintado_Vermelho (11/0)
| | | | B 226 >= 3434.21
| | | | | B 234 < 3750.18 : Pedra_Mineira (1/0)
| | | | | B 234 >= 3750.18 : Ceramica_Iluminada (7/0)
| B 26 >= 2036.01
| | B 9 < 3734.72
| | | B 239 < 3083.3
| | | | MNF 39 < 7.61
| | | | | B 3 < 1845.5
| | | | | | MNF 6 < 1.59 : Acrilico (1/0)
| | | | | | MNF 6 >= 1.59 : Piscina_Vinil (4/0)
| | | | | B 3 >= 1845.5 : Concreto_Impermeabilizado (7/0)
| | | | MNF 39 >= 7.61
| | | | | B 95 < 3536.01
| | | | | | B 260 < 1795.46 : Plastico (1/0)
| | | | | | B 260 >= 1795.46 : CRFS (10/0)
| | | | | B 95 >= 3536.01
| | | | | | AC2 < 1.71 : Manta_Asfaltica (1/0)
| | | | | | AC2 >= 1.71 : Piscina_Vinil (1/0)
| | | B 239 >= 3083.3
| | | | MNF 39 < 2.16
| | | | | B 16 < 3072.93
| | | | | | MNF 28 < 13.15 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (7/0)
| | | | | | MNF 28 >= 13.15 : Lona (1/0)
| | | | | B 16 >= 3072.93
```

```
| | | | | | MNF 35 < -2.04
| | | | | | | B 93 < 3848.82 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | | | B 93 >= 3848.82 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
| | | | | | MNF 35 >= -2.04 : Aco_Galvanizado_Brilhante (6/0)
| | | | MNF 39 >= 2.16
| | | | | AC4 < 2959.65 : Pedra_Mineira (6/0)
| | | | | AC4 >= 2959.65 : Aco_Galvanizado_Brilhante (7/0)
| | B 9 >= 3734.72
| | | AC15 < 1.7
| | | | B 88 < 4555.83
| | | | | AC17 < 3994.55 : Galvalume_C (2/0)
| | | | | AC17 >= 3994.55 : Aco_Galvanizado_Brilhante (4/0)
| | | | B 88 >= 4555.83 : Galvalume_B (13/0)
| | | AC15 >= 1.7
| | | | MNF 6 < 29.43
| | | | | B 267 < 5270.91
| | | | | | NDVI < -0.1 : Galvalume_C (2/0)
| | | | | | NDVI >= -0.1 : Galvalume_A (18/0)
| | | | | B 267 >= 5270.91
| | | | | | B 814 < 6.97 : Manta_Asfaltica (3/0)
| | | | | | B 814 >= 6.97 : Galvalume_C (8/0)
| | | | MNF 6 >= 29.43
| | | | | MNF 34 < 12.14 : Galvalume_A (2/0)
| | | | | MNF 34 >= 12.14 : Concreto_Impermeabilizado (12/0)
```

Tamanho da Árvore:161

Árvore 4

```
B 24 < 1196.08
|   B 83 < 1610.63
|   |   B 203 < 1676.19
|   |   |   B 188 < 727.36
|   |   |   |   B 260 < 148.68 : Lago (8/0)
|   |   |   |   B 260 >= 148.68
|   |   |   |   |   AC20 < -0.03 : Lago (1/0)
|   |   |   |   |   AC20 >= -0.03 : Sombra (23/0)
|   |   |   B 188 >= 727.36
|   |   |   |   AC9 < 0.57
|   |   |   |   |   B 76 < 695.45 : Vidro_Aramado (4/0)
|   |   |   |   |   B 76 >= 695.45 : Policarbonato (7/0)
|   |   |   |   AC9 >= 0.57
|   |   |   |   |   B 27 < 764.65
|   |   |   |   |   |   MNF 10 < 5.59 : Asfalto (1/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 10 >= 5.59 : Carvao_Coque (4/0)
|   |   |   |   |   B 27 >= 764.65
|   |   |   |   |   |   AC20 < -0.02 : Policarbonato (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC20 >= -0.02 : Asfalto (16/0)
|   |   B 203 >= 1676.19
|   |   |   AC1 < 2.65
|   |   |   |   AC12 < 0.37 : Ceramica_Escura (4/0)
|   |   |   |   AC12 >= 0.37
|   |   |   |   |   B 593 < 1.55 : Concreto (2/0)
|   |   |   |   |   B 593 >= 1.55 : Acrilico (3/0)
|   |   |   AC1 >= 2.65
|   |   |   |   MNF 25 < 1.44
|   |   |   |   |   B 116 < 1754.47
|   |   |   |   |   |   B 140 < 2282.39 : Amianto (16/0)
|   |   |   |   |   |   B 140 >= 2282.39
|   |   |   |   |   |   |   B 92 < 1428.59 : Concreto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 92 >= 1428.59 : Amianto (3/0)
|   |   |   |   |   B 116 >= 1754.47 : Acrilico (2/0)
|   |   |   |   MNF 25 >= 1.44 : Concreto (6/0)
|   B 83 >= 1610.63
|   |   B 24 < 637.44
|   |   |   B 32 < 827.4
|   |   |   |   MNF 3 < 0.29
|   |   |   |   |   MNF 4 < 14.82 : Solo_Exposto (5/0)
|   |   |   |   |   MNF 4 >= 14.82 : Ceramica_Escura (7/0)
|   |   |   |   MNF 3 >= 0.29
|   |   |   |   |   MNF 33 < 2.34 : Vegetacao_Arborea (11/0)
|   |   |   |   |   MNF 33 >= 2.34 : Bloquete (5/0)
|   |   |   B 32 >= 827.4
```

```
| | | | AC6 < 128.62 : Vegetacao_Rasteira (22/0)
| | | | AC6 >= 128.62 : Solo_Exposto (4/0)
| | B 24 >= 637.44
| | | B 46 < 2012.24
| | | | B 239 < 2260.97
| | | | | MNF 8 < -16.8
| | | | | | B 61 < 1998.98 : Cimento_Pintado_Verde (12/0)
| | | | | | B 61 >= 1998.98 : Concreto_Pintado_Amarelo (1/0)
| | | | | MNF 8 >= -16.8 : Bloquete (5/0)
| | | | B 239 >= 2260.97
| | | | | B 84 < 1980.2 : Pastilha_Esmaltada (1/0)
| | | | | B 84 >= 1980.2 : Cimento_Pintado_Vermelho (9/0)
| | | B 46 >= 2012.24
| | | | MNF 4 < 6.43
| | | | | MNF 35 < 9.03 : Concreto_Pintado_Vermelho (4/0)
| | | | | MNF 35 >= 9.03 : Asfalto_Pintado_Vermelho (14/0)
| | | | MNF 4 >= 6.43
| | | | | B 218 < 3211.38
| | | | | | B 79 < 3794.88 : Solo_Exposto (7/0)
| | | | | | B 79 >= 3794.88 : Cimento_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | B 218 >= 3211.38 : Ceramica_Iluminada (10/0)
B 24 >= 1196.08
| B 154 < 2706.42
| | AC7 < 1.06
| | | MNF 37 < 1.7
| | | | B 210 < 1738.13 : Plastico (13/0)
| | | | B 210 >= 1738.13
| | | | | MNF 14 < 2.89 : Concreto (11/0)
| | | | | MNF 14 >= 2.89
| | | | | | B 131 < 2233.38
| | | | | | | MNF 14 < 11.47 : Pastilha_Esmaltada (10/0)
| | | | | | | MNF 14 >= 11.47 : Concreto_Pintado_Amarelo (1/0)
| | | | | | B 131 >= 2233.38 : Concreto_Pintado_Amarelo (8/0)
| | | MNF 37 >= 1.7
| | | | B 269 < 1487.45 : Asfalto_Pintado_Branco (12/0)
| | | | B 269 >= 1487.45
| | | | | AC16 < 1.67 : Asfalto_Pintado_Branco (3/0)
| | | | | AC16 >= 1.67 : Acrilico (6/0)
| | AC7 >= 1.06
| | | MNF 16 < 0.3
| | | | AC19 < 0.31
| | | | | AC14 < 0.01 : Concreto (1/0)
| | | | | AC14 >= 0.01
| | | | | | AC4 < 2510.25 : Policarbonato (1/0)
| | | | | | AC4 >= 2510.25 : Manta_Asfaltica (1/0)
| | | | AC19 >= 0.31 : Piscina_Azulejo (12/0)
```

```
| | | MNF 16 >= 0.3
| | | | MNF 17 < -5.75 : Fibra_Vidro (10/0)
| | | | MNF 17 >= -5.75 : Aco_galv_fosco (22/0)
| B 154 >= 2706.42
| | AC20 < -0.03
| | | B 10 < 3649.4
| | | | B 24 < 3442.57
| | | | | B 123 < 3218.75 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (15/0)
| | | | | B 123 >= 3218.75
| | | | | | B 63 < 4207.09
| | | | | | | B 75 < 4028.43 : Aco_Galvanizado_Brilhante (3/0)
| | | | | | | B 75 >= 4028.43 : Cimento_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | B 63 >= 4207.09 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (6/0)
| | | | B 24 >= 3442.57 : Aco_Galvanizado_Brilhante (10/0)
| | | B 10 >= 3649.4
| | | | B 9 < 4738.55
| | | | | AC21 < -0.16 : Galvalume_B (10/0)
| | | | | AC21 >= -0.16
| | | | | | B 241 < 2428.48 : Galvalume_A (3/0)
| | | | | | B 241 >= 2428.48
| | | | | | | MNF 41 < -4.84 : Galvalume_C (1/0)
| | | | | | | MNF 41 >= -4.84 : Aco_Galvanizado_Brilhante (5/0)
| | | | B 9 >= 4738.55
| | | | | B 49 < 5470.67 : Galvalume_A (15/0)
| | | | | B 49 >= 5470.67
| | | | | | MNF 44 < 1.54 : Galvalume_A (3/0)
| | | | | | MNF 44 >= 1.54 : Galvalume_C (4/0)
| | AC20 >= -0.03
| | | B 8 < 1753.32
| | | | B 189 < 3755.25
| | | | | MNF 26 < 2.96 : Cimento (4/0)
| | | | | MNF 26 >= 2.96
| | | | | | AC6 < 265.85 : Concreto_Pintado_Amarelo (1/0)
| | | | | | AC6 >= 265.85 : Bloquete (1/0)
| | | | B 189 >= 3755.25
| | | | | B 44 < 2873.5
| | | | | | B 70 < 3531.94 : Cimento (1/0)
| | | | | | B 70 >= 3531.94 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | B 44 >= 2873.5
| | | | | | AC5 < 440.78 : Pedra_Mineira (20/0)
| | | | | | AC5 >= 440.78 : Ceramica_Iluminada (1/0)
| | | B 8 >= 1753.32
| | | | B 57 < 4058.41
| | | | | MNF 22 < -0.94
| | | | | | B 246 < 2298.26 : Concreto_Impermeabilizado (2/0)
| | | | | | B 246 >= 2298.26 : CRFS (11/0)
```

```
|   |   |   |   |   MNF 22 >= -0.94
|   |   |   |   |   |   AC11 < 0.83 : Plastico (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.83 : Piscina_Vinil (8/0)
|   |   |   |   B 57 >= 4058.41
|   |   |   |   |   MNF 20 < -50.6 : Lona (3/0)
|   |   |   |   |   MNF 20 >= -50.6
|   |   |   |   |   |   MNF 21 < -15.79 : Lona (1/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 21 >= -15.79 : Concreto_Impermeabilizado (14/0)
```

Tamanho da Árvore:145

Árvore 5

```
B 144 < 2662.5
|   B 23 < 1223
|   |   MNF 4 < -1.69
|   |   |   B 79 < 817.69
|   |   |   |   MNF 15 < -4.25 : Lago (8/0)
|   |   |   |   MNF 15 >= -4.25 : Sombra (22/0)
|   |   |   B 79 >= 817.69
|   |   |   |   B 6 < 277.19 : Vegetacao_Arborea (17/0)
|   |   |   |   B 6 >= 277.19 : Policarbonato (9/0)
|   |   MNF 4 >= -1.69
|   |   |   MNF 5 < -4.05
|   |   |   |   MNF 9 < 2.58
|   |   |   |   |   B 87 < 1492.91 : Amianto (11/0)
|   |   |   |   |   B 87 >= 1492.91
|   |   |   |   |   |   AC10 < 0.74 : Amianto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC10 >= 0.74 : Acrilico (1/0)
|   |   |   |   MNF 9 >= 2.58
|   |   |   |   |   B 25 < 633.13
|   |   |   |   |   |   MNF 20 < -1.19 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 20 >= -1.19 : Ceramica_Escura (9/0)
|   |   |   |   |   B 25 >= 633.13
|   |   |   |   |   |   B 80 < 1436.88 : Concreto (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 80 >= 1436.88 : Pastilha_Esmaltada (6/0)
|   |   |   MNF 5 >= -4.05
|   |   |   |   Brightness < 2137.51
|   |   |   |   |   B 10 < 604.24
|   |   |   |   |   |   B 64 < 872.96 : Vidro_Aramado (3/0)
|   |   |   |   |   |   B 64 >= 872.96 : Carvao_Coque (3/0)
|   |   |   |   |   B 10 >= 604.24
|   |   |   |   |   |   MNF 9 < 4.78 : Asfalto (14/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 9 >= 4.78 : Concreto (3/0)
|   |   |   |   Brightness >= 2137.51
|   |   |   |   |   AC21 < 0.11
|   |   |   |   |   |   B 260 < 1827.98 : Asfalto_Pintado_Vermelho (6/0)
|   |   |   |   |   |   B 260 >= 1827.98 : Solo_Exposto (4/0)
|   |   |   |   |   AC21 >= 0.11
|   |   |   |   |   |   MNF 43 < -3.18 : Cimento_Pintado_Verde (9/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 43 >= -3.18
|   |   |   |   |   |   |   AC17 < 1522.26 : Bloquete (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC17 >= 1522.26 : Cimento_Pintado_Vermelho (1/0)
|   B 23 >= 1223
|   |   B 267 < 1720.44
|   |   |   AC1 < 2.01
|   |   |   |   B 203 < 2002.11
```

```
| | | | | B 250 < 1422.23 : Acrilico (7/0)
| | | | | B 250 >= 1422.23
| | | | | | MNF 45 < -0.64
| | | | | | | B 95 < 2562.66
| | | | | | | | B 94 < 1867.61 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | | | B 94 >= 1867.61 : Concreto (2/0)
| | | | | | | B 95 >= 2562.66 : Acrilico (2/0)
| | | | | | MNF 45 >= -0.64 : Asfalto_Pintado_Branco (13/0)
| | | | B 203 >= 2002.11
| | | | | MNF 28 < -14.71
| | | | | | B 89 < 3066.12 : Concreto_Pintado_Amarelo (6/0)
| | | | | | B 89 >= 3066.12 : Concreto_Impermeabilizado (1/0)
| | | | | MNF 28 >= -14.71 : Concreto (14/0)
| | | AC1 >= 2.01
| | | | AC15 < 2.49
| | | | | B 95 < 1703.37 : Acrilico (3/0)
| | | | | B 95 >= 1703.37 : Plastico (10/0)
| | | | AC15 >= 2.49 : Piscina_Azulejo (13/0)
| | B 267 >= 1720.44
| | | MNF 9 < -7.58
| | | | B 56 < 3228.28 : Aco_galv_fosco (24/0)
| | | | B 56 >= 3228.28 : Manta_Asfaltica (1/0)
| | | MNF 9 >= -7.58
| | | | AC7 < 1.04
| | | | | MNF 26 < 15.25
| | | | | | AC7 < 0.93 : Concreto (1/0)
| | | | | | AC7 >= 0.93
| | | | | | | AC20 < 0 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | | AC20 >= 0 : Acrilico (1/0)
| | | | | MNF 26 >= 15.25 : Pastilha_Esmaltada (4/0)
| | | | AC7 >= 1.04 : Fibra_Vidro (7/0)
B 144 >= 2662.5
| B 3 < 1369.95
| | B 263 < 2348.15
| | | B 167 < 2539.18
| | | | B 212 < 2212.61
| | | | | B 8 < 443.35 : Vegetacao_Arborea (7/0)
| | | | | B 8 >= 443.35 : Concreto (2/0)
| | | | B 212 >= 2212.61
| | | | | B 53 < 1151.16 : Vegetacao_Rasteira (21/0)
| | | | | B 53 >= 1151.16
| | | | | | B 95 < 3262.02
| | | | | | | NDVI < 0.35
| | | | | | | | B 22 < 834.23 : Bloquete (5/0)
| | | | | | | | B 22 >= 834.23 : Asfalto_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | | NDVI >= 0.35
```

```
| | | | | | | | MNF 31 < 1.49 : Bloquete (1/0)
| | | | | | | | MNF 31 >= 1.49 : Vegetacao_Rasteira (3/0)
| | | | | | B 95 >= 3262.02 : Solo_Exposto (3/0)
| | | B 167 >= 2539.18
| | | | MNF 23 < -6.79
| | | | | B 21 < 1027.5
| | | | | | MNF 19 < 11.36 : Concreto_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | MNF 19 >= 11.36 : Asfalto_Pintado_Vermelho (7/0)
| | | | | B 21 >= 1027.5
| | | | | | AC14 < 0.3
| | | | | | | B 91 < 3464.75 : Pedra_Mineira (1/0)
| | | | | | | B 91 >= 3464.75 : Cimento_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | AC14 >= 0.3 : Concreto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | MNF 23 >= -6.79 : Cimento_Pintado_Vermelho (12/0)
| | B 263 >= 2348.15
| | | MNF 4 < 16.64
| | | | B 32 < 1942.52
| | | | | AC11 < 0.48 : Solo_Exposto (9/0)
| | | | | AC11 >= 0.48 : Bloquete (5/0)
| | | | B 32 >= 1942.52
| | | | | AC1 < 1.59 : Concreto_Pintado_Amarelo (2/0)
| | | | | AC1 >= 1.59 : Cimento (9/0)
| | | MNF 4 >= 16.64
| | | | B 266 < 3169.02
| | | | | MNF 22 < 13.88
| | | | | | MNF 29 < 2.51 : Bloquete (1/0)
| | | | | | MNF 29 >= 2.51 : Ceramica_Escura (1/0)
| | | | | MNF 22 >= 13.88 : Pedra_Mineira (20/0)
| | | | B 266 >= 3169.02
| | | | | B 173 < 4074.37
| | | | | | B 96 < 3461.41 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
| | | | | | B 96 >= 3461.41 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | B 173 >= 4074.37 : Ceramica_Iluminada (7/0)
| B 3 >= 1369.95
| | NDVI < -0.06
| | | B 62 < 5181.48
| | | | MNF 31 < -0.8 : Aco_Galvanizado_Brilhante (10/0)
| | | | MNF 31 >= -0.8
| | | | | MNF 50 < 1.72
| | | | | | B 89 < 2955.55 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (2/0)
| | | | | | B 89 >= 2955.55 : Aco_Galvanizado_Brilhante (5/0)
| | | | | MNF 50 >= 1.72 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (9/0)
| | | B 62 >= 5181.48
| | | | B 266 < 3869.45 : Galvalume_B (21/0)
| | | | B 266 >= 3869.45
| | | | | B 117 < 3819.22 : Aco_Galvanizado_Brilhante (3/0)
```

```
| | | | | B 117 >= 3819.22 : Galvalume_C (7/0)
| | NDVI >= -0.06
| | | B 233 < 3677.98
| | | | MNF 10 < -5.24 : Concreto_Impermeabilizado (14/0)
| | | | MNF 10 >= -5.24
| | | | | AC18 < 2813.92
| | | | | | AC2 < 1.93 : Piscina_Vinil (7/0)
| | | | | | AC2 >= 1.93 : CRFS (1/0)
| | | | | AC18 >= 2813.92
| | | | | | AC17 < 3552.6 : CRFS (3/0)
| | | | | | AC17 >= 3552.6 : Galvalume_A (1/0)
| | | B 233 >= 3677.98
| | | | B 249 < 7899.56
| | | | | B 76 < 5706.43
| | | | | | MNF 50 < -10.96 : Lona (1/0)
| | | | | | MNF 50 >= -10.96 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (3/0)
| | | | | B 76 >= 5706.43 : Galvalume_A (15/0)
| | | | B 249 >= 7899.56
| | | | | B 143 < 8357.24 : Manta_Asfaltica (3/0)
| | | | | B 143 >= 8357.24 : Galvalume_C (4/0)
```

Tamanho da Árvore:157

Árvore 6

```
B 21 < 1387.38
|   B 83 < 1607.75
|   |   B 192 < 1688.72
|   |   |   AC17 < 838.56
|   |   |   |   B 50 < 364.8 : Sombra (23/0)
|   |   |   |   B 50 >= 364.8 : Lago (9/0)
|   |   |   AC17 >= 838.56
|   |   |   |   B 8 < 790.06
|   |   |   |   |   MNF 35 < -1.75 : Carvao_Coque (5/0)
|   |   |   |   |   MNF 35 >= -1.75
|   |   |   |   |   |   B 40 < 620.03
|   |   |   |   |   |   |   MNF 5 < -1.84 : Policarbonato (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 5 >= -1.84 : Vidro_Aramado (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 40 >= 620.03 : Asfalto (20/0)
|   |   |   |   B 8 >= 790.06 : Policarbonato (9/0)
|   |   B 192 >= 1688.72
|   |   |   B 268 < 2353.08
|   |   |   |   MNF 16 < -1.16
|   |   |   |   |   AC2 < 1.96 : Ceramica_Escura (2/0)
|   |   |   |   |   AC2 >= 1.96 : Concreto (10/0)
|   |   |   |   MNF 16 >= -1.16 : Amianto (12/0)
|   |   |   B 268 >= 2353.08
|   |   |   |   B 99 < 1643 : Amianto (4/0)
|   |   |   |   B 99 >= 1643
|   |   |   |   |   AC3 < 2356.56 : Acrilico (12/0)
|   |   |   |   |   AC3 >= 2356.56 : Amianto (1/0)
|   B 83 >= 1607.75
|   |   B 45 < 1419.7
|   |   |   MNF 4 < -4.4 : Vegetacao_Arborea (18/0)
|   |   |   MNF 4 >= -4.4
|   |   |   |   B 155 < 2873.6
|   |   |   |   |   NDVI < 0.18 : Ceramica_Escura (4/0)
|   |   |   |   |   NDVI >= 0.18 : Cimento_Pintado_Verde (8/0)
|   |   |   |   B 155 >= 2873.6
|   |   |   |   |   B 87 < 2798.14
|   |   |   |   |   |   MNF 23 < -1.87 : Bloquete (4/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 23 >= -1.87
|   |   |   |   |   |   |   AC18 < 1151.49 : Vegetacao_Rasteira (2/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC18 >= 1151.49 : Concreto (1/0)
|   |   |   |   |   B 87 >= 2798.14 : Vegetacao_Rasteira (28/0)
|   |   B 45 >= 1419.7
|   |   |   B 203 < 2647.5
|   |   |   |   AC11 < 0.57
|   |   |   |   |   B 52 < 2027.37
```

```
| | | | | | SAVI < 0.14 : Ceramica_Escura (3/0)
| | | | | | SAVI >= 0.14
| | | | | | | B 71 < 2093.08 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | B 71 >= 2093.08 : Bloquete (1/0)
| | | | | B 52 >= 2027.37 : Asfalto_Pintado_Vermelho (8/0)
| | | | AC11 >= 0.57
| | | | | B 244 < 1891.81
| | | | | | MNF 5 < -1.64 : Concreto (8/0)
| | | | | | MNF 5 >= -1.64 : Asfalto_Pintado_Branco (3/0)
| | | | | B 244 >= 1891.81
| | | | | | B 54 < 2287.01 : Pastilha_Esmaltada (11/0)
| | | | | | B 54 >= 2287.01
| | | | | | | MNF 44 < 2.56 : Concreto_Pintado_Amarelo (6/0)
| | | | | | | MNF 44 >= 2.56 : Pastilha_Esmaltada (3/0)
| | | B 203 >= 2647.5
| | | | B 4 < 397.98
| | | | | B 97 < 2588.46 : Ceramica_Escura (4/0)
| | | | | B 97 >= 2588.46 : Solo_Exposto (10/0)
| | | | B 4 >= 397.98
| | | | | B 157 < 3512.72
| | | | | | MNF 40 < -14.71 : Asfalto_Pintado_Vermelho (3/0)
| | | | | | MNF 40 >= -14.71
| | | | | | | B 39 < 1723.16 : Cimento_Pintado_Vermelho (13/0)
| | | | | | | B 39 >= 1723.16
| | | | | | | | NDVI < 0.1 : Concreto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | | | | NDVI >= 0.1 : Bloquete (1/0)
| | | | | B 157 >= 3512.72
| | | | | | AC19 < -0.46
| | | | | | | B 240 < 3402.72 : Asfalto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | | | B 240 >= 3402.72 : Ceramica_Iluminada (7/0)
| | | | | | AC19 >= -0.46
| | | | | | | AC14 < 0.46
| | | | | | | | B 97 < 3891.27 : Bloquete (5/0)
| | | | | | | | B 97 >= 3891.27 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | | AC14 >= 0.46 : Solo_Exposto (1/0)
B 21 >= 1387.38
| B 151 < 2658.73
| | B 243 < 2099.23
| | | MNF 35 < -1.97
| | | | MNF 26 < 8.42
| | | | | AC22 < -0.05 : Fibra_Vidro (1/0)
| | | | | AC22 >= -0.05 : Plastico (3/0)
| | | | MNF 26 >= 8.42 : Acrilico (14/0)
| | | MNF 35 >= -1.97
| | | | MNF 16 < 4.03
| | | | | B 9 < 2856.07 : Concreto (6/0)
```

```
| | | | | B 9 >= 2856.07 : Piscina_Azulejo (8/0)
| | | | MNF 16 >= 4.03
| | | | | B 250 < 1874.23 : Asfalto_Pintado_Branco (9/0)
| | | | | B 250 >= 1874.23 : Fibra_Vidro (6/0)
| | B 243 >= 2099.23
| | | AC14 < -0.11 : Aco_galv_fosco (11/0)
| | | AC14 >= -0.11
| | | | AC19 < -0.07 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
| | | | AC19 >= -0.07
| | | | | AC8 < 1.05 : CRFS (2/0)
| | | | | AC8 >= 1.05 : Policarbonato (1/0)
| B 151 >= 2658.73
| | B 28 < 3939.71
| | | B 260 < 3095.39
| | | | AC2 < 1.7
| | | | | B 76 < 4237.51
| | | | | | B 84 < 3652.72 : Cimento (4/0)
| | | | | | B 84 >= 3652.72
| | | | | | | AC5 < -145.34
| | | | | | | | B 85 < 4078.3 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | | | B 85 >= 4078.3 : Concreto_Pintado_Amarelo (1/0)
| | | | | | | AC5 >= -145.34 : Pedra_Mineira (2/0)
| | | | | B 76 >= 4237.51
| | | | | | MNF 47 < 11.8 : Concreto_Impermeabilizado (3/0)
| | | | | | MNF 47 >= 11.8 : Lona (5/0)
| | | | AC2 >= 1.7
| | | | | B 261 < 2669.05
| | | | | | B 229 < 2707.34
| | | | | | | NDVI < 0.07 : Concreto_Impermeabilizado (2/0)
| | | | | | | NDVI >= 0.07 : Plastico (1/0)
| | | | | | B 229 >= 2707.34 : CRFS (7/0)
| | | | | B 261 >= 2669.05
| | | | | | B 266 < 2647.42 : Piscina_Vinil (7/0)
| | | | | | B 266 >= 2647.42 : CRFS (1/0)
| | | B 260 >= 3095.39
| | | | AC11 < 0.81
| | | | | AC20 < -0.02 : Ceramica_Iluminada (3/0)
| | | | | AC20 >= -0.02 : Pedra_Mineira (9/0)
| | | | AC11 >= 0.81
| | | | | MNF 6 < 15.06 : Aco_Galvanizado_Brilhante (8/0)
| | | | | MNF 6 >= 15.06 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (15/0)
| | B 28 >= 3939.71
| | | B 263 < 3890.05
| | | | B 240 < 3246.14
| | | | | B 70 < 4755.65
| | | | | | MNF 42 < 3.87 : Galvalume_A (5/0)
```

```
| | | | | | MNF 42 >= 3.87 : Galvalume_C (3/0)
| | | | | B 70 >= 4755.65
| | | | | | B 90 < 5467.83
| | | | | | | MNF 39 < -3.98 : Concreto_Impermeabilizado (2/0)
| | | | | | | MNF 39 >= -3.98 : Galvalume_B (2/0)
| | | | | | B 90 >= 5467.83 : Concreto_Impermeabilizado (7/0)
| | | | B 240 >= 3246.14
| | | | | B 115 < 4512.56
| | | | | | MNF 25 < -19.67 : Galvalume_A (4/0)
| | | | | | MNF 25 >= -19.67
| | | | | | | AC11 < 0.71 : Galvalume_A (1/0)
| | | | | | | AC11 >= 0.71 : Galvalume_B (15/0)
| | | | | B 115 >= 4512.56
| | | | | | MNF 3 < 21.94 : Galvalume_A (10/0)
| | | | | | MNF 3 >= 21.94 : Galvalume_C (1/0)
| | | B 263 >= 3890.05
| | | | B 14 < 4586.98 : Aco_Galvanizado_Brilhante (15/0)
| | | | B 14 >= 4586.98
| | | | | AC18 < 4475.02 : Galvalume_A (1/0)
| | | | | AC18 >= 4475.02
| | | | | | MNF 13 < 21.02 : Galvalume_C (13/0)
| | | | | | MNF 13 >= 21.02 : Manta_Asfaltica (1/0)
```

Tamanho da Árvore:159

Árvore 7

```
B 126 < 2269.81
|   B 143 < 1475.36
|   |   B 5 < 328.12
|   |   |   B 264 < 935.48
|   |   |   |   AC8 < 1 : Sombra (24/0)
|   |   |   |   AC8 >= 1 : Lago (3/0)
|   |   |   B 264 >= 935.48 : Vidro_Aramado (3/0)
|   |   B 5 >= 328.12
|   |   |   B 32 < 1421.21
|   |   |   |   MNF 27 < -1.55 : Policarbonato (3/0)
|   |   |   |   MNF 27 >= -1.55
|   |   |   |   |   B 96 < 1349.48
|   |   |   |   |   |   AC6 < -64.86 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC6 >= -64.86 : Asfalto (20/0)
|   |   |   |   |   B 96 >= 1349.48 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   B 32 >= 1421.21
|   |   |   |   B 89 < 1083.45 : Piscina_Azulejo (17/0)
|   |   |   |   B 89 >= 1083.45 : Aco_galv_fosco (4/0)
|   B 143 >= 1475.36
|   |   MNF 36 < -2.88
|   |   |   B 6 < 1015.18
|   |   |   |   B 33 < 1256.47
|   |   |   |   |   MNF 33 < 0.8
|   |   |   |   |   |   AC19 < -0.35 : Asfalto_Pintado_Vermelho (4/0)
|   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.35 : Acrilico (5/0)
|   |   |   |   |   MNF 33 >= 0.8 : Ceramica_Escura (5/0)
|   |   |   |   B 33 >= 1256.47
|   |   |   |   |   B 261 < 1789.99
|   |   |   |   |   |   B 97 < 2186.5 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
|   |   |   |   |   |   B 97 >= 2186.5 : Concreto_Pintado_Amarelo (2/0)
|   |   |   |   |   B 261 >= 1789.99 : Pastilha_Esmaltada (10/0)
|   |   |   B 6 >= 1015.18
|   |   |   |   MNF 16 < 30.89
|   |   |   |   |   AC13 < -0.09 : Aco_galv_fosco (8/0)
|   |   |   |   |   AC13 >= -0.09
|   |   |   |   |   |   MNF 23 < 7.26
|   |   |   |   |   |   |   MNF 30 < 3.04 : Policarbonato (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   MNF 30 >= 3.04 : Acrilico (11/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 23 >= 7.26 : Fibra_Vidro (5/0)
|   |   |   |   MNF 16 >= 30.89 : Plastico (10/0)
|   |   MNF 36 >= -2.88
|   |   |   B 35 < 1104.54
|   |   |   |   B 23 < 387.2
|   |   |   |   |   B 66 < 861.4 : Vegetacao_Arborea (3/0)
```

```
| | | | | B 66 >= 861.4 : Ceramica_Escura (3/0)
| | | | B 23 >= 387.2
| | | | | MNF 22 < 7.62
| | | | | | B 95 < 1751.43
| | | | | | | B 213 < 1665.9 : Asfalto (1/0)
| | | | | | | B 213 >= 1665.9 : Amianto (18/0)
| | | | | | B 95 >= 1751.43 : Cimento_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | MNF 22 >= 7.62 : Concreto (4/0)
| | | B 35 >= 1104.54
| | | | MNF 11 < -4.6
| | | | | AC18 < 2336.05
| | | | | | AC22 < 0.16
| | | | | | | AC21 < 0.15 : Concreto (1/0)
| | | | | | | AC21 >= 0.15 : Cimento_Pintado_Verde (3/0)
| | | | | | AC22 >= 0.16 : Concreto (1/0)
| | | | | AC18 >= 2336.05 : Aco_galv_fosco (5/0)
| | | | MNF 11 >= -4.6
| | | | | B 122 < 1716.57
| | | | | | B 84 < 1653 : Pastilha_Esmaltada (3/0)
| | | | | | B 84 >= 1653 : Asfalto_Pintado_Branco (7/0)
| | | | | B 122 >= 1716.57
| | | | | | MNF 34 < 10.39
| | | | | | | B 93 < 2453.33 : Concreto (15/0)
| | | | | | | B 93 >= 2453.33 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | MNF 34 >= 10.39 : Asfalto_Pintado_Vermelho (2/0)
B 126 >= 2269.81
| B 20 < 2086.69
| | B 45 < 1260.89
| | | B 198 < 2489.44
| | | | B 68 < 1710.28 : Vegetacao_Arborea (18/0)
| | | | B 68 >= 1710.28 : Cimento_Pintado_Verde (4/0)
| | | B 198 >= 2489.44
| | | | B 86 < 2789.99
| | | | | MNF 44 < -2.3 : Concreto (2/0)
| | | | | MNF 44 >= -2.3
| | | | | | AC1 < 2.55 : Vegetacao_Rasteira (1/0)
| | | | | | AC1 >= 2.55 : Bloquete (2/0)
| | | | B 86 >= 2789.99 : Vegetacao_Rasteira (15/0)
| | B 45 >= 1260.89
| | | MNF 25 < -5.21
| | | | MNF 10 < 13.88
| | | | | NDVI < 0.08
| | | | | | B 234 < 2389.27 : Concreto_Pintado_Amarelo (5/0)
| | | | | | B 234 >= 2389.27
| | | | | | | MNF 42 < 4.73 : Pedra_Mineira (2/0)
| | | | | | | MNF 42 >= 4.73 : Concreto_Pintado_Vermelho (5/0)
```

```
| | | | | NDVI >= 0.08 : Solo_Exposto (10/0)
| | | | MNF 10 >= 13.88
| | | | | B 243 < 3019.25 : Cimento_Pintado_Vermelho (16/0)
| | | | | B 243 >= 3019.25
| | | | | | B 54 < 2470.92 : Ceramica_Escura (1/0)
| | | | | | B 54 >= 2470.92 : Ceramica_Iluminada (11/0)
| | | MNF 25 >= -5.21
| | | | MNF 6 < 23.22
| | | | | MNF 11 < 0.83
| | | | | | NDVI < 0.21 : Asfalto_Pintado_Vermelho (8/0)
| | | | | | NDVI >= 0.21 : Cimento_Pintado_Verde (1/0)
| | | | | MNF 11 >= 0.83
| | | | | | B 99 < 3240.25
| | | | | | | MNF 7 < 4.57
| | | | | | | | B 67 < 1793.21 : Bloquete (1/0)
| | | | | | | | B 67 >= 1793.21 : Solo_Exposto (7/0)
| | | | | | | MNF 7 >= 4.57 : Bloquete (2/0)
| | | | | | B 99 >= 3240.25
| | | | | | | B 4 < 879.43 : Bloquete (9/0)
| | | | | | | B 4 >= 879.43 : Cimento (5/0)
| | | | MNF 6 >= 23.22
| | | | | AC12 < 0.43
| | | | | | B 88 < 2961.59 : Ceramica_Escura (3/0)
| | | | | | B 88 >= 2961.59 : Ceramica_Iluminada (2/0)
| | | | | AC12 >= 0.43 : Pedra_Mineira (17/0)
| B 20 >= 2086.69
| | B 18 < 4379.82
| | | B 233 < 3231.03
| | | | B 6 < 2255.71
| | | | | B 83 < 3928.1 : Piscina_Vinil (11/0)
| | | | | B 83 >= 3928.1
| | | | | | AC9 < 1.32 : Concreto_Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | AC9 >= 1.32 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | B 6 >= 2255.71
| | | | | MNF 16 < 28.6
| | | | | | MNF 14 < 3.44
| | | | | | | MNF 14 < -16.22 : Concreto_Impermeabilizado (3/0)
| | | | | | | MNF 14 >= -16.22 : Galvalume_A (1/0)
| | | | | | MNF 14 >= 3.44
| | | | | | | AC7 < 1.2 : CRFS (3/0)
| | | | | | | AC7 >= 1.2 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | MNF 16 >= 28.6 : Plastico (4/0)
| | | B 233 >= 3231.03
| | | | B 19 < 2926.04
| | | | | MNF 30 < 14.17
| | | | | | B 99 < 2843.15 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
```

```
| | | | | | B 99 >= 2843.15 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (12/0)
| | | | | MNF 30 >= 14.17 : Pedra_Mineira (3/0)
| | | | B 19 >= 2926.04
| | | | | MNF 35 < -13.17 : Lona (2/0)
| | | | | MNF 35 >= -13.17
| | | | | | B 262 < 4216.59 : Aco_Galvanizado_Brilhante (14/0)
| | | | | | B 262 >= 4216.59
| | | | | | | B 74 < 4069.2 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
| | | | | | | B 74 >= 4069.2 : Aco_Galvanizado_Brilhante (5/0)
| | B 18 >= 4379.82
| | | B 112 < 4994.63
| | | | B 89 < 4419.27
| | | | | B 102 < 4080.75 : Galvalume_C (5/0)
| | | | | B 102 >= 4080.75 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | B 89 >= 4419.27 : Galvalume_B (16/0)
| | | B 112 >= 4994.63
| | | | AC8 < 0.97 : Concreto_Impermeabilizado (8/0)
| | | | AC8 >= 0.97
| | | | | AC5 < 197.04
| | | | | | B 7 < 4787.31 : Galvalume_B (2/0)
| | | | | | B 7 >= 4787.31
| | | | | | | MNF 43 < -13.22 : Galvalume_B (1/0)
| | | | | | | MNF 43 >= -13.22 : Galvalume_A (20/0)
| | | | | AC5 >= 197.04
| | | | | | B 92 < 5497.88 : Galvalume_A (1/0)
| | | | | | B 92 >= 5497.88 : Galvalume_C (5/0)
```

Tamanho da Árvore:163

Árvore 8

```
B 14 < 1239.08
|   B 72 < 1498.18
|   |   B 267 < 551.05
|   |   |   B 39 < 365.7 : Sombra (34/0)
|   |   |   B 39 >= 365.7 : Lago (7/0)
|   |   B 267 >= 551.05
|   |   |   B 245 < 1587.79
|   |   |   |   B 246 < 1435.41
|   |   |   |   |   B 76 < 975.39
|   |   |   |   |   |   SAVI < 0.04
|   |   |   |   |   |   |   AC17 < 1076.8
|   |   |   |   |   |   |   |   AC5 < 510.06 : Carvao_Coque (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC5 >= 510.06 : Vidro_Aramado (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC17 >= 1076.8 : Asfalto (2/0)
|   |   |   |   |   |   SAVI >= 0.04 : Policarbonato (5/0)
|   |   |   |   |   B 76 >= 975.39
|   |   |   |   |   |   MNF 35 < -2.08 : Carvao_Coque (3/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 35 >= -2.08 : Asfalto (18/0)
|   |   |   |   B 246 >= 1435.41
|   |   |   |   |   MNF 18 < -5.68 : Policarbonato (3/0)
|   |   |   |   |   MNF 18 >= -5.68
|   |   |   |   |   |   AC20 < 0.04 : Vidro_Aramado (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC20 >= 0.04 : Concreto (2/0)
|   |   |   B 245 >= 1587.79
|   |   |   |   MNF 1 < 53.33
|   |   |   |   |   MNF 25 < -4.43
|   |   |   |   |   |   AC18 < 1323.94 : Ceramica_Escura (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC18 >= 1323.94 : Acrilico (8/0)
|   |   |   |   |   MNF 25 >= -4.43 : Amianto (20/0)
|   |   |   |   MNF 1 >= 53.33
|   |   |   |   |   B 98 < 1618.58 : Concreto (6/0)
|   |   |   |   |   B 98 >= 1618.58
|   |   |   |   |   |   AC4 < 1510.45 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC4 >= 1510.45 : Amianto (1/0)
|   B 72 >= 1498.18
|   |   B 202 < 2453.19
|   |   |   SAVI < 0.25
|   |   |   |   B 214 < 2340.11
|   |   |   |   |   B 244 < 1346.49 : Asfalto_Pintado_Branco (3/0)
|   |   |   |   |   B 244 >= 1346.49
|   |   |   |   |   |   B 85 < 2268.14
|   |   |   |   |   |   |   MNF 49 < 0.51
|   |   |   |   |   |   |   |   B 81 < 1915.1 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   B 81 >= 1915.1 : Pastilha_Esmaltada (1/0)
```

```
| | | | | | | MNF 49 >= 0.51 : Concreto (3/0)
| | | | | | B 85 >= 2268.14 : Asfalto_Pintado_Vermelho (6/0)
| | | | B 214 >= 2340.11
| | | | | AC2 < 1.66
| | | | | | B 70 < 2544.44 : Concreto_Pintado_Amarelo (5/0)
| | | | | | B 70 >= 2544.44 : Pastilha_Esmaltada (1/0)
| | | | | AC2 >= 1.66 : Pastilha_Esmaltada (7/0)
| | | SAVI >= 0.25
| | | | B 57 < 813.8 : Vegetacao_Arborea (17/0)
| | | | B 57 >= 813.8 : Cimento_Pintado_Verde (10/0)
| | B 202 >= 2453.19
| | | B 39 < 1200.31
| | | | MNF 50 < 3.61
| | | | | B 29 < 737.36 : Bloquete (3/0)
| | | | | B 29 >= 737.36
| | | | | | AC19 < -0.65 : Asfalto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | | AC19 >= -0.65 : Vegetacao_Rasteira (16/0)
| | | | MNF 50 >= 3.61
| | | | | B 9 < 541.12 : Ceramica_Escura (4/0)
| | | | | B 9 >= 541.12 : Cimento_Pintado_Vermelho (16/0)
| | | B 39 >= 1200.31
| | | | B 176 < 4381.12
| | | | | AC11 < 0.48
| | | | | | MNF 4 < 7.94
| | | | | | | B 593 < 0.85 : Concreto_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | | B 593 >= 0.85 : Asfalto_Pintado_Vermelho (5/0)
| | | | | | MNF 4 >= 7.94
| | | | | | | B 58 < 1669.07 : Bloquete (1/0)
| | | | | | | B 58 >= 1669.07 : Solo_Exposto (16/0)
| | | | | AC11 >= 0.48
| | | | | | NDVI < 0.07
| | | | | | | MNF 16 < -2.97 : Pedra_Mineira (2/0)
| | | | | | | MNF 16 >= -2.97 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | | | NDVI >= 0.07 : Bloquete (5/0)
| | | | B 176 >= 4381.12 : Ceramica_Iluminada (8/0)
B 14 >= 1239.08
| B 55 < 3280.7
| | B 2 < 1365.55
| | | MNF 37 < 1.49
| | | | B 266 < 1850.82
| | | | | MNF 29 < 8.4
| | | | | | B 90 < 2520.32 : Concreto (7/0)
| | | | | | B 90 >= 2520.32 : Concreto_Pintado_Amarelo (3/0)
| | | | | MNF 29 >= 8.4 : Fibra_Vidro (7/0)
| | | | B 266 >= 1850.82
| | | | | MNF 32 < 8.84
```

```
| | | | | | AC10 < 1.13 : Policarbonato (5/0)
| | | | | | AC10 >= 1.13 : Pastilha_Esmaltada (1/0)
| | | | | MNF 32 >= 8.84 : Cimento (6/0)
| | | MNF 37 >= 1.49
| | | | MNF 33 < 1.45 : Asfalto_Pintado_Branco (11/0)
| | | | MNF 33 >= 1.45
| | | | | AC8 < 1.08 : Acrilico (6/0)
| | | | | AC8 >= 1.08 : Fibra_Vidro (1/0)
| | B 2 >= 1365.55
| | | B 262 < 1591.41
| | | | B 83 < 1455.57 : Piscina_Azulejo (14/0)
| | | | B 83 >= 1455.57 : Plastico (16/0)
| | | B 262 >= 1591.41
| | | | B 91 < 2541.26 : Aco_galv_fosco (24/0)
| | | | B 91 >= 2541.26
| | | | | B 133 < 2604.32 : CRFS (4/0)
| | | | | B 133 >= 2604.32
| | | | | | B 78 < 3002.62 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | | B 78 >= 3002.62 : Piscina_Vinil (1/0)
| B 55 >= 3280.7
| | B 42 < 4612.9
| | | MNF 23 < -6.1
| | | | B 26 < 3001.04 : Pedra_Mineira (13/0)
| | | | B 26 >= 3001.04 : Piscina_Vinil (4/0)
| | | MNF 23 >= -6.1
| | | | MNF 46 < -4.02
| | | | | MNF 18 < 6.16
| | | | | | B 84 < 4460.88 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | | B 84 >= 4460.88 : Lona (2/0)
| | | | | MNF 18 >= 6.16 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (18/0)
| | | | MNF 46 >= -4.02
| | | | | B 266 < 2576.56
| | | | | | AC13 < -0.05 : Galvalume_A (1/0)
| | | | | | AC13 >= -0.05
| | | | | | | AC13 < 0.07 : CRFS (4/0)
| | | | | | | AC13 >= 0.07 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | B 266 >= 2576.56
| | | | | | AC2 < 1.86 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
| | | | | | AC2 >= 1.86 : Aco_Galvanizado_Brilhante (17/0)
| | B 42 >= 4612.9
| | | B 206 < 4212.89
| | | | SAVI < -0.1
| | | | | B 84 < 4428.23 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | B 84 >= 4428.23
| | | | | MNF 33 < 21.06 : Galvalume_B (17/0)
| | | | | MNF 33 >= 21.06 : Acrilico (1/0)
```

```
| | | | SAVI >= -0.1
| | | | | B 256 < 3137.09 : Concreto_Impermeabilizado (9/0)
| | | | | B 256 >= 3137.09 : Galvalume_A (3/0)
| | | B 206 >= 4212.89
| | | | B 226 < 6251.24
| | | | | B 56 < 5928.27
| | | | | | B 80 < 5419.11 : Galvalume_C (4/0)
| | | | | | B 80 >= 5419.11 : Concreto_Impermeabilizado (1/0)
| | | | | B 56 >= 5928.27 : Galvalume_A (10/0)
| | | | B 226 >= 6251.24
| | | | | MNF 9 < -76.27 : Manta_Asfaltica (3/0)
| | | | | MNF 9 >= -76.27 : Galvalume_C (12/0)

Tamanho da Árvore:149
```

Árvore 9

```
B 15 < 1495.98
|   B 184 < 1771.41
|   |   B 58 < 390.13
|   |   |   B 209 < 726.7 : Sombra (28/0)
|   |   |   B 209 >= 726.7 : Vegetacao_Arborea (19/0)
|   |   B 58 >= 390.13
|   |   |   MNF 27 < -1.01
|   |   |   |   MNF 27 < -2.22 : Policarbonato (7/0)
|   |   |   |   MNF 27 >= -2.22
|   |   |   |   |   B 65 < 1184.57 : Vidro_Aramado (2/0)
|   |   |   |   |   B 65 >= 1184.57 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
|   |   |   MNF 27 >= -1.01
|   |   |   |   B 85 < 751.84 : Lago (6/0)
|   |   |   |   B 85 >= 751.84
|   |   |   |   |   AC16 < 1.73
|   |   |   |   |   |   AC16 < 1.65 : Carvao_Coque (2/0)
|   |   |   |   |   |   AC16 >= 1.65 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
|   |   |   |   |   AC16 >= 1.73 : Asfalto (19/0)
|   B 184 >= 1771.41
|   |   B 45 < 1752.57
|   |   |   AC12 < 0.41
|   |   |   |   MNF 13 < 0.96
|   |   |   |   |   B 106 < 2669.22
|   |   |   |   |   |   NDVI < 0.17 : Cimento_Pintado_Vermelho (10/0)
|   |   |   |   |   |   NDVI >= 0.17 : Amianto (4/0)
|   |   |   |   |   B 106 >= 2669.22 : Vegetacao_Rasteira (16/0)
|   |   |   |   MNF 13 >= 0.96
|   |   |   |   |   B 130 < 2819.55
|   |   |   |   |   |   B 122 < 1748.2
|   |   |   |   |   |   |   B 61 < 790.94 : Amianto (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 61 >= 790.94 : Ceramica_Escura (8/0)
|   |   |   |   |   |   B 122 >= 1748.2
|   |   |   |   |   |   |   B 261 < 2134.16 : Solo_Exposto (8/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 261 >= 2134.16 : Ceramica_Escura (5/0)
|   |   |   |   |   B 130 >= 2819.55
|   |   |   |   |   |   AC3 < 1919.71 : Solo_Exposto (5/0)
|   |   |   |   |   |   AC3 >= 1919.71 : Bloquete (1/0)
|   |   |   AC12 >= 0.41
|   |   |   |   B 84 < 1878.6
|   |   |   |   |   B 134 < 2195.03
|   |   |   |   |   |   AC13 < 0.25
|   |   |   |   |   |   |   B 88 < 1538.64 : Amianto (12/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 88 >= 1538.64
|   |   |   |   |   |   |   |   MNF 44 < -17.17 : Acrilico (1/0)
```

```
| | | | | | | | MNF 44 >= -17.17 : Concreto (2/0)
| | | | | | AC13 >= 0.25 : Concreto (6/0)
| | | | | B 134 >= 2195.03 : Acrilico (7/0)
| | | | B 84 >= 1878.6
| | | | | AC19 < -0.3
| | | | | | B 260 < 1586.2 : Concreto (3/0)
| | | | | | B 260 >= 1586.2 : Bloquete (6/0)
| | | | | AC19 >= -0.3 : Cimento_Pintado_Verde (12/0)
| | B 45 >= 1752.57
| | | B 207 < 2621.1
| | | | B 82 < 2337.05
| | | | | MNF 23 < 3.27
| | | | | | AC14 < 0.09
| | | | | | | B 62 < 2231.17 : Asfalto_Pintado_Branco (6/0)
| | | | | | | B 62 >= 2231.17 : Concreto (1/0)
| | | | | | AC14 >= 0.09 : Concreto (13/0)
| | | | | MNF 23 >= 3.27
| | | | | | MNF 13 < 3.02 : Fibra_Vidro (2/0)
| | | | | | MNF 13 >= 3.02 : Pastilha_Esmaltada (4/0)
| | | | B 82 >= 2337.05
| | | | | AC18 < 1024.35 : Asfalto_Pintado_Vermelho (7/0)
| | | | | AC18 >= 1024.35
| | | | | | B 257 < 2015.8 : Concreto_Pintado_Amarelo (5/0)
| | | | | | B 257 >= 2015.8
| | | | | | | B 74 < 2373.14 : Concreto (1/0)
| | | | | | | B 74 >= 2373.14 : Pastilha_Esmaltada (4/0)
| | | B 207 >= 2621.1
| | | | MNF 50 < 2.25
| | | | | MNF 11 < 29.24
| | | | | | AC14 < 0.26 : Cimento (9/0)
| | | | | | AC14 >= 0.26
| | | | | | | B 593 < 0.7 : Concreto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | | | B 593 >= 0.7
| | | | | | | | AC14 < 0.39 : Solo_Exposto (2/0)
| | | | | | | | AC14 >= 0.39 : Asfalto_Pintado_Vermelho (2/0)
| | | | | MNF 11 >= 29.24
| | | | | | SAVI < 0.1 : Pedra_Mineira (11/0)
| | | | | | SAVI >= 0.1 : Solo_Exposto (1/0)
| | | | MNF 50 >= 2.25
| | | | | MNF 10 < 13.88
| | | | | | MNF 3 < -2.09 : Concreto_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | MNF 3 >= -2.09 : Solo_Exposto (12/0)
| | | | | MNF 10 >= 13.88
| | | | | | B 266 < 3359.5
| | | | | | | B 58 < 3175.71 : Ceramica_Escura (1/0)
| | | | | | | B 58 >= 3175.71 : Cimento_Pintado_Vermelho (2/0)
```

```
| | | | | | B 266 >= 3359.5 : Ceramica_Iluminada (10/0)
B 15 >= 1495.98
| B 147 < 2890.57
| | MNF 24 < 0.28
| | | B 124 < 1586.9
| | | | B 71 < 891.37 : Piscina_Azulejo (7/0)
| | | | B 71 >= 891.37 : Aco_galv_fosco (18/0)
| | | B 124 >= 1586.9
| | | | MNF 41 < 3.04
| | | | | B 83 < 2109.28 : Policarbonato (1/0)
| | | | | B 83 >= 2109.28 : Asfalto_Pintado_Branco (9/0)
| | | | MNF 41 >= 3.04
| | | | | MNF 17 < 11.59
| | | | | | B 87 < 2656.64 : Concreto (2/0)
| | | | | | B 87 >= 2656.64 : CRFS (4/0)
| | | | | MNF 17 >= 11.59 : Piscina_Vinil (5/0)
| | MNF 24 >= 0.28
| | | MNF 45 < 5.73
| | | | B 144 < 2542.88
| | | | | MNF 30 < 11.46 : Acrilico (7/0)
| | | | | MNF 30 >= 11.46 : Fibra_Vidro (7/0)
| | | | B 144 >= 2542.88
| | | | | B 81 < 3573.73 : Concreto_Impermeabilizado (1/0)
| | | | | B 81 >= 3573.73 : Manta_Asfaltica (3/0)
| | | MNF 45 >= 5.73 : Plastico (13/0)
| B 147 >= 2890.57
| | B 7 < 3555.21
| | | MNF 46 < -2.23
| | | | SAVI < -0.04
| | | | | MNF 37 < -0.64 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (16/0)
| | | | | MNF 37 >= -0.64 : Aco_Galvanizado_Brilhante (3/0)
| | | | SAVI >= -0.04
| | | | | B 257 < 2874.53
| | | | | | MNF 48 < 13.39 : Plastico (2/0)
| | | | | | MNF 48 >= 13.39 : Lona (1/0)
| | | | | B 257 >= 2874.53 : Pedra_Mineira (6/0)
| | | MNF 46 >= -2.23
| | | | B 248 < 3066.16
| | | | | B 123 < 2518.82 : Concreto_Impermeabilizado (7/0)
| | | | | B 123 >= 2518.82
| | | | | | MNF 38 < -6.14 : Galvalume_A (3/0)
| | | | | | MNF 38 >= -6.14 : Piscina_Vinil (1/0)
| | | | B 248 >= 3066.16
| | | | | MNF 14 < 11.83 : Aco_Galvanizado_Brilhante (20/0)
| | | | | MNF 14 >= 11.83
| | | | | | AC10 < 1.25 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (1/0)
```

```
| | | | | | AC10 >= 1.25 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | B 7 >= 3555.21
| | | B 2 < 3764.19
| | | | AC10 < 1.29
| | | | | AC17 < 4787.84 : Aco_Galvanizado_Brilhante (1/0)
| | | | | AC17 >= 4787.84 : Concreto_Impermeabilizado (11/0)
| | | | AC10 >= 1.29
| | | | | SAVI < -0.15 : Galvalume_C (1/0)
| | | | | SAVI >= -0.15 : Galvalume_B (11/0)
| | | B 2 >= 3764.19
| | | | B 206 < 6938.39 : Galvalume_A (23/0)
| | | | B 206 >= 6938.39 : Galvalume_C (5/0)

Tamanho da Árvore:149
```

Árvore 10

```
B 25 < 1712.39
|   B 250 < 1424.57
|   |   B 197 < 773.82
|   |   |   MNF 17 < 0.4 : Sombra (27/0)
|   |   |   MNF 17 >= 0.4 : Lago (5/0)
|   |   B 197 >= 773.82
|   |   |   B 111 < 1651.3
|   |   |   |   B 62 < 933.97
|   |   |   |   |   B 32 < 756.86
|   |   |   |   |   |   MNF 35 < 1.54 : Asfalto (4/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 35 >= 1.54
|   |   |   |   |   |   |   AC1 < 3.16 : Vidro_Aramado (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC1 >= 3.16 : Policarbonato (1/0)
|   |   |   |   |   B 32 >= 756.86 : Policarbonato (11/0)
|   |   |   |   B 62 >= 933.97
|   |   |   |   |   AC15 < 1.76 : Carvao_Coque (4/0)
|   |   |   |   |   AC15 >= 1.76 : Asfalto (20/0)
|   |   |   B 111 >= 1651.3
|   |   |   |   B 61 < 869.03 : Vegetacao_Arborea (20/0)
|   |   |   |   B 61 >= 869.03 : Plastico (5/0)
|   B 250 >= 1424.57
|   |   B 49 < 1529.98
|   |   |   B 104 < 1869.36
|   |   |   |   MNF 20 < 1.49
|   |   |   |   |   AC20 < 0.06
|   |   |   |   |   |   B 48 < 1152.57
|   |   |   |   |   |   |   B 78 < 1099.89 : Vidro_Aramado (1/0)
|   |   |   |   |   |   |   B 78 >= 1099.89 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   B 48 >= 1152.57 : Policarbonato (3/0)
|   |   |   |   |   AC20 >= 0.06
|   |   |   |   |   |   MNF 4 < 11.59
|   |   |   |   |   |   |   AC19 < -0.29 : Amianto (5/0)
|   |   |   |   |   |   |   AC19 >= -0.29
|   |   |   |   |   |   |   |   AC17 < 2024.71 : Concreto (4/0)
|   |   |   |   |   |   |   |   AC17 >= 2024.71 : Acrilico (2/0)
|   |   |   |   |   |   MNF 4 >= 11.59 : Amianto (11/0)
|   |   |   |   MNF 20 >= 1.49
|   |   |   |   |   MNF 45 < 0.17 : Ceramica_Escura (8/0)
|   |   |   |   |   MNF 45 >= 0.17 : Acrilico (1/0)
|   |   |   B 104 >= 1869.36
|   |   |   |   B 112 < 3058.82
|   |   |   |   |   AC15 < 2.04
|   |   |   |   |   |   AC11 < 0.48 : Solo_Exposto (1/0)
|   |   |   |   |   |   AC11 >= 0.48 : Concreto (1/0)
```

```
| | | | | AC15 >= 2.04
| | | | | | MNF 23 < 1.03 : Bloquete (2/0)
| | | | | | MNF 23 >= 1.03 : Cimento_Pintado_Verde (12/0)
| | | | B 112 >= 3058.82 : Vegetacao_Rasteira (15/0)
| | B 49 >= 1529.98
| | | MNF 21 < 3.46
| | | | B 265 < 2931.75
| | | | | MNF 22 < -4.16
| | | | | | MNF 50 < 2.34
| | | | | | | MNF 37 < -11.24 : Asfalto_Pintado_Vermelho (12/0)
| | | | | | | MNF 37 >= -11.24
| | | | | | | | AC15 < 1.6 : Concreto_Pintado_Vermelho (1/0)
| | | | | | | | AC15 >= 1.6 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | MNF 50 >= 2.34
| | | | | | | B 79 < 2161.03 : Fibra_Vidro (2/0)
| | | | | | | B 79 >= 2161.03 : Cimento_Pintado_Vermelho (10/0)
| | | | | MNF 22 >= -4.16
| | | | | | AC18 < 1041.65 : Solo_Exposto (16/0)
| | | | | | AC18 >= 1041.65
| | | | | | | AC19 < -0.25
| | | | | | | | AC22 < -0.04 : Pedra_Mineira (1/0)
| | | | | | | | AC22 >= -0.04 : Bloquete (8/0)
| | | | | | | AC19 >= -0.25
| | | | | | | | AC14 < 0.16 : Concreto (2/0)
| | | | | | | | AC14 >= 0.16 : Cimento (1/0)
| | | | B 265 >= 2931.75
| | | | | B 34 < 839.02 : Ceramica_Escura (3/0)
| | | | | B 34 >= 839.02 : Ceramica_Iluminada (11/0)
| | | MNF 21 >= 3.46
| | | | MNF 21 < 9.72
| | | | | B 215 < 2049.7 : Asfalto_Pintado_Branco (5/0)
| | | | | B 215 >= 2049.7 : Concreto (5/0)
| | | | MNF 21 >= 9.72
| | | | | MNF 48 < 5.31 : Concreto_Pintado_Amarelo (10/0)
| | | | | MNF 48 >= 5.31 : Pastilha_Esmaltada (11/0)
B 25 >= 1712.39
| B 233 < 3229.59
| | B 113 < 2762.01
| | | AC7 < 1.17
| | | | B 271 < 843.43 : Plastico (10/0)
| | | | B 271 >= 843.43
| | | | | MNF 21 < -8.74
| | | | | | MNF 50 < 4.07
| | | | | | | MNF 24 < 4.17 : Fibra_Vidro (2/0)
| | | | | | | MNF 24 >= 4.17 : Acrilico (2/0)
| | | | | | MNF 50 >= 4.07 : Fibra_Vidro (4/0)
```

```
| | | | | MNF 21 >= -8.74
| | | | | | B 271 < 1699.35
| | | | | | | B 3 < 1073.85 : Concreto (3/0)
| | | | | | | B 3 >= 1073.85 : Asfalto_Pintado_Branco (2/0)
| | | | | | B 271 >= 1699.35 : Asfalto_Pintado_Branco (3/0)
| | | AC7 >= 1.17
| | | | AC12 < 2.32 : Aco_galv_fosco (14/0)
| | | | AC12 >= 2.32 : Piscina_Azulejo (11/0)
| | B 113 >= 2762.01
| | | B 52 < 3934.92
| | | | MNF 31 < 1.32
| | | | | MNF 41 < 3.4
| | | | | | MNF 28 < -16.79 : Concreto_Impermeabilizado (1/0)
| | | | | | MNF 28 >= -16.79 : Cimento (6/0)
| | | | | MNF 41 >= 3.4 : Piscina_Vinil (8/0)
| | | | MNF 31 >= 1.32
| | | | | MNF 4 < 2.81
| | | | | | AC16 < 1.79 : Acrilico (2/0)
| | | | | | AC16 >= 1.79 : Galvalume_A (3/0)
| | | | | MNF 4 >= 2.81 : CRFS (12/0)
| | | B 52 >= 3934.92
| | | | SAVI < -0.02
| | | | | B 91 < 3315.82 : Aco_Galvanizado_Brilhante (4/0)
| | | | | B 91 >= 3315.82
| | | | | | SAVI < -0.11 : Acrilico (1/0)
| | | | | | SAVI >= -0.11
| | | | | | | MNF 38 < 2.49 : Asfalto_Pintado_Branco (1/0)
| | | | | | | MNF 38 >= 2.49 : CRFS (1/0)
| | | | SAVI >= -0.02 : Concreto_Impermeabilizado (8/0)
| B 233 >= 3229.59
| | B 5 < 3160.79
| | | MNF 37 < 4.12
| | | | AC1 < 1.91
| | | | | MNF 34 < -7.52 : Aco_Galvanizado_Brilhante (3/0)
| | | | | MNF 34 >= -7.52 : Aco_Galvanizado_Ferrugem (18/0)
| | | | AC1 >= 1.91
| | | | | B 75 < 2753.99 : Aco_galv_fosco (1/0)
| | | | | B 75 >= 2753.99 : Aco_Galvanizado_Brilhante (11/0)
| | | MNF 37 >= 4.12
| | | | B 110 < 4900.16 : Pedra_Mineira (13/0)
| | | | B 110 >= 4900.16 : Lona (3/0)
| | B 5 >= 3160.79
| | | B 235 < 3826.17
| | | | B 81 < 5774.48 : Galvalume_B (18/0)
| | | | B 81 >= 5774.48 : Concreto_Impermeabilizado (7/0)
| | | B 235 >= 3826.17
```

```
| | | | MNF 15 < 10.56
| | | | | B 265 < 4875.84
| | | | | | MNF 38 < -3.37 : Galvalume_B (2/0)
| | | | | | MNF 38 >= -3.37
| | | | | | | B 52 < 6190.25 : Galvalume_A (23/0)
| | | | | | | B 52 >= 6190.25 : Galvalume_B (1/0)
| | | | | B 265 >= 4875.84
| | | | | | MNF 31 < 7.09 : Galvalume_C (4/0)
| | | | | | MNF 31 >= 7.09 : Manta_Asfaltica (1/0)
| | | | MNF 15 >= 10.56
| | | | | AC18 < 5341.52 : Aco_Galvanizado_Brilhante (3/0)
| | | | | AC18 >= 5341.52 : Galvalume_C (9/0)
```

Tamanho da Árvore:149

APÊNDICE C - MATRIZES DE CONFUSÃO

Tabela C.1 – Matriz de confusão para os dados WV-2, com o classificador C4.5, para o Nível de Legenda 1.

WV-2 C 4.5 Nível 1	Cerâmica	Coberturas Metálicas	Materiais Mistos e Coberturas Diversas	Lago	Pavimentação Não Viária	Pavimentação Viária	Piscina	Solo Exposto	Sombra	Vegetação Arbórea	Vegetação Herbácea	TOTAL
Cerâmica	1	0	0	0	0	1	0	3	1	0	7	**13**
Coberturas Metálicas	0	56	1	0	0	0	0	0	4	0	0	**61**
Materiais Mistos e Coberturas Diversas	1	19	117	0	6	28	0	1	44	27	45	**288**
Lago	0	0	1	116	1	2	0	0	3	0	2	**125**
Pavimentação Não Viária	0	0	0	0	50	1	0	1	1	0	4	**57**
Pavimentação Viária	0	0	12	0	12	81	0	8	3	1	3	**120**
Piscina	0	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	**10**
Solo Exposto	0	0	2	0	10	0	0	3	3	0	11	**29**
Sombra	0	1	4	0	2	2	0	0	189	18	6	**222**
Vegetação Arbórea	0	0	0	0	0	0	0	0	5	199	8	**212**
Vegetação Herbácea	0	0	0	0	0	1	0	3	3	55	242	**304**
TOTAL	**2**	**77**	**137**	**116**	**81**	**116**	**9**	**19**	**256**	**300**	**328**	**1441**
Acurácia do Produtor por Classe	**50%**	**72,73 %**	**85,40 %**	**100%**	**61,73 %**	**69,83 %**	**100 %**	**15,79 %**	**73,83 %**	**66,33 %**	**73,78 %**	**Exatidão Global: 73,77 %**
Acurácia do Consumidor por Classe	**7,69 %**	**91,80 %**	**40,63 %**	**92,80 %**	**87,72 %**	**67,50 %**	**90%**	**10,34 %**	**85,14 %**	**93,87 %**	**79,61 %**	

Tabela C.2 – Matriz de confusão para os dados WV-2, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 1.

WV-2 RF Nível 1	**Cerâmica**	**Coberturas Metálicas**	**Materiais Mistos e Coberturas Diversas**	**Lago**	**Pavimentação Não Viária**	**Pavimentação Viária**	**Piscina**	**Solo Exposto**	**Sombra**	**Vegetação Arbórea**	**Vegetação Herbácea**	**TOTAL**
Cerâmica	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	**5**
Coberturas Metálicas	0	69	2	0	0	0	3	0	2	0	0	**76**
Materiais Mistos e Coberturas Diversas	0	15	126	0	1	20	1	1	65	26	31	**286**
Lago	0	0	0	116	0	1	0	0	3	3	6	**129**
Pavimentação Não Viária	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	3	**58**
Pavimentação Viária	0	2	3	0	4	94	0	2	8	1	1	**115**
Piscina	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	**16**
Solo Exposto	0	0	0	0	1	0	0	7	0	0	4	**12**
Sombra	0	0	2	0	0	2	0	0	181	14	4	**203**
Vegetação Arbórea	0	0	3	0	0	0	0	0	16	202	9	**230**
Vegetação Herbácea	0	0	0	0	0	1	0	2	0	31	244	**278**
TOTAL	**1**	**86**	**136**	**116**	**62**	**118**	**20**	**13**	**276**	**277**	**303**	**1408**
Acurácia do Produtor por Classe	**100 %**	**80,23 %**	**92,65 %**	**100 %**	**88,71 %**	**79,66 %**	**80%**	**53,85 %**	**65,58 %**	**72,92 %**	**80,53 %**	**Exatidão Global: 78,91%**
Acurácia do Consumidor por Classe	**20%**	**90,79 %**	**44,06 %**	**89,92 %**	**94,83 %**	**81,74 %**	**100 %**	**58,33 %**	**89,16 %**	**87,83 %**	**87,77 %**	

Tabela C.3 – Matriz de confusão para os dados SpecTIR, com o classificador C 4.5, para o Nível de Legenda 1.

SpecTIR C 4.5 Nível 1	Cerâmica	Coberturas Metálicas	Materiais Mistos e Coberturas Diversas	Lago	Pavimentação Não Viária	Pavimentação Viária	Piscina	Solo Exposto	Sombra	Vegetação Arbórea	Vegetação Herbácea	TOTAL
Cerâmica	11	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**14**
Coberturas Metálicas	0	63	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**64**
Materiais Mistos e Coberturas Diversas	0	5	88	0	3	16	0	1	6	0	13	**132**
Lago	0	0	0	64	0	1	0	0	46	0	0	**111**
Pavimentação Não Viária	0	0	0	0	42	2	0	1	0	0	8	**53**
Pavimentação Viária	0	1	1	0	6	59	0	1	1	0	10	**79**
Piscina	0	1	0	0	0	1	17	0	0	0	0	**19**
Solo Exposto	0	0	0	0	3	4	0	18	2	0	6	**33**
Sombra	0	0	0	0	0	1	0	0	104	0	0	**105**
Vegetação Arbórea	0	0	0	0	0	0	0	0	72	153	0	**225**
Vegetação Herbácea	0	1	1	0	0	0	0	0	4	53	194	**253**
TOTAL	**11**	**71**	**94**	**64**	**54**	**84**	**17**	**21**	**235**	**206**	**231**	**1088**
Acurácia do Produtor por Classe	**100%**	**88,73 %**	**93,62 %**	**100%**	**77,78 %**	**70,24 %**	**100%**	**85,71 %**	**44,26 %**	**74,27 %**	**83,98 %**	**Exatidão Global: 74,72%**
Acurácia do Consumidor por Classe	**78,57 %**	**98,44 %**	**66,67 %**	**57,66 %**	**79,25 %**	**74,68 %**	**89,47 %**	**54,55 %**	**99,05 %**	**68%**	**76,68 %**	

Tabela C.4 – Matriz de confusão para os dados SpecTIR, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 1.

SpecTIR RF Nível 1	**Cerâmica**	**Coberturas Metálicas**	**Materiais Mistos e Coberturas Diversas**	**Lago**	**Pavimentação Não Viária**	**Pavimentação Viária**	**Piscina**	**Solo Exposto**	**Sombra**	**Vegetação Arbórea**	**Vegetação Herbácea**	**TOTAL**
Cerâmica	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**5**
Coberturas Metálicas	0	62	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**64**
Materiais Mistos e Coberturas Diversas	0	3	113	0	3	9	2	3	9	11	15	**168**
Lago	0	0	0	100	0	0	0	0	7	0	0	**107**
Pavimentação Não Viária	0	0	0	0	39	0	0	2	0	0	0	**41**
Pavimentação Viária	0	0	0	0	9	75	0	1	0	7	33	**125**
Piscina	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	**16**
Solo Exposto	1	0	0	0	0	0	0	17	0	0	6	**24**
Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	142	0	0	**142**
Vegetação Arbórea	0	0	0	0	0	2	0	0	51	190	14	**257**
Vegetação Herbácea	0	0	0	0	0	1	0	1	0	15	154	**171**
TOTAL	**6**	**65**	**113**	**100**	**51**	**87**	**20**	**24**	**209**	**223**	**222**	**1120**
Acurácia do Produtor por Classe	**83,33 %**	**95,38 %**	**100%**	**100%**	**76,47 %**	**86,21 %**	**80%**	**70,83 %**	**67,94 %**	**85,20 %**	**69,37 %**	**Exatidão Global: 81,52%**
Acurácia do Consumidor por Classe	**100%**	**96,88 %**	**67,26 %**	**93,46 %**	**95,12 %**	**60%**	**100 %**	**70,83 %**	**100%**	**73,93 %**	**90,06 %**	

Tabela C.5 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados WV-2, com o classificador C 4.5, para o Nível de Legenda 2.

WV-2 C 4.5 Nível 2	Aço Galvanizado Brilhante	Aço Galvanizado Ferrugem	Aço Galvanizado Fosco	Acrílico	Amianto	Asfalto	Asfalto Pintado Branco	Asfalto Pintado Vermelho	Bloquete	Carvão Coque	Cerâmica Escura	Cerâmica Iluminada	Cimento	Cimento Pintado de Verde	Cimento Pintado de Vermelho	Concreto	Concreto Impermeabilizado	Concreto Pintado de Amarelo	Concreto Pintado de Vermelho	CRFS	Fibra de Vidro	Galvalume A	Galvalume B	Galvalume C	Lago	Lona	Manta Asfáltica Aluminizada	Pastilha Esmaltada	Pedra Mineira	Piscina de Azulejo	Piscina de Vinil	Plástico	Policarbonato	Solo Exposto	Sombra	Vegetação Arbórea	Vegetação Herbácea	Vidro Aramado	TOTAL
Aço Galvanizado Brilhante	**77**	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**92**
Aço Galvanizado Ferrugem	**23**	16	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	1	5	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	**77**
Aço Galvanizado Fosco	**13**	0	93	1	24	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	35	5	2	4	0	0	9	2	0	8	0	6	1	0	37	1	1	0	**265**
Acrílico	**7**	0	7	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	1	3	6	2	3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	5	0	0	0	**67**
Amianto	**1**	0	1	0	548	17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	22	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	35	3	1	1	**640**
Asfalto	**0**	0	1	0	35	207	6	0	1	0	0	0	0	13	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	31	0	3	4	**309**
Asfalto Pintado Branco	**1**	0	1	0	5	8	19	0	0	0	0	0	2	0	0	20	27	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	4	0	4	3	0	0	2	0	1	0	**103**
Asfalto Pintado Vermelho	**0**	0	0	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**15**
Bloquete	**0**	0	0	0	4	4	0	1	31	3	6	0	0	0	2	7	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3	3	19	0	**97**
Carvão Coque	**0**	0	0	0	5	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0	4	2	**102**
Cerâmica Escura	**0**	0	0	0	2	1	0	3	0	0	19	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	2	4	0	**45**
Cerâmica Iluminada	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**4**
Cimento	**0**	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**9**
Cimento Pintado de Verde	**0**	0	0	0	19	4	0	2	1	2	1	0	0	42	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	24	77	201	0	**386**
Cimento Pintado de Vermelho	**0**	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	3	0	1	119	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**134**
Concreto	**0**	0	2	0	5	17	6	0	0	0	0	0	2	86	1	229	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	6	0	**365**
Concreto Impermeabilizado	**0**	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**80**
Concreto Pintado de Amarelo	**0**	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	3	2	0	0	0	**43**
Concreto Pintado de Vermelho	**0**	0	0	0	0	1	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**11**
CRFS	**1**	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	3	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	**21**
Fibra de Vidro	**2**	0	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	37	0	1	0	0	2	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	**62**
Galvalume A	**2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**150**
Galvalume B	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	115	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**121**
Galvalume C	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**55**
Lago	**0**	0	1	0	4	15	0	0	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	197	0	0	0	0	0	0	0	0	1	78	8	30	0	**341**
Lona	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**10**
Manta Asfáltica Aluminizada	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**31**
Pastilha Esmaltada	**0**	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	13	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	**28**
Pedra Mineira	**0**	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**74**
Piscina de Azulejo	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	**29**
Piscina de Vinil	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	**4**
Plástico	**1**	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	5	1	0	0	**61**
Policarbonato	**0**	0	0	0	24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	84	5	7	15	**151**
Solo Exposto	**0**	0	0	0	3	14	3	2	7	1	18	2	0	0	1	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	2	0	1	21	0	0	0	1	23	6	0	12	0	**126**
Sombra	**0**	0	2	0	23	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	918	68	18	5	**1048**
Vegetação Arbórea	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	19	836	47	0	**907**
Vegetação Herbácea	**0**	0	1	0	2	2	0	0	3	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	20	74	865	0	**980**
Vidro Aramado	**0**	0	0	0	3	23	0	0	0	5	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	11	0	2	19	**68**
TOTAL	**129**	**23**	**121**	**5**	**726**	**324**	**46**	**30**	**55**	**97**	**48**	**12**	**18**	**147**	**128**	**350**	**111**	**21**	**11**	**5**	**84**	**174**	**134**	**71**	**197**	**15**	**44**	**26**	**124**	**35**	**7**	**60**	**28**	**53**	**1305**	**1078**	**1223**	**46**	**7111**
Acurácia do Produtor por Classe	59,69 %	69,57 %	76,86 %	60%	75,48 %	63,89 %	41,30 %	46,67 %	56,36 %	86,60 %	39,58 %	33,33 %	33,33 %	28,57 %	92,97 %	65,43 %	65,77 %	47,62 %	27,27 %	20%	44,05 %	78,16 %	85,82 %	63,38 %	100%	26,67 %	63,64 %	50%	54,84 %	77,14 %	42,86 %	65%	42,86 %	43,40 %	70,34 %	77,55 %	70,73 %	41,30 %	**70,70%**
Acurácia do Usuário por Classe	83,70 %	20,78 %	35,09 %	4,48 %	85,63 %	66,99 %	18,45 %	93,33 %	31,96 %	82,35 %	42,22 %	100%	66,67 %	10,88 %	88,81 %	62,74 %	91,25 %	23,26 %	27,27 %	4,76 %	59,68 %	90,67 %	95,04 %	81,82 %	57,77 %	40%	90,32 %	46,43 %	91,89 %	93,10 %	75%	63,93 %	7,95 %	18,25 %	87,60 %	92,17 %	88,27 %	27,94 %	

Tabela C.6 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados WV-2, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 2.

WV-2 RF Nível 2	Aço Galvanizado Brilhante	Aço Galvanizado Ferrugem	Aço Galvanizado Fosco	Acrílico	Amianto	Asfalto	Asfalto Pintado Branco	Asfalto Pintado Vermelho	Bloquete	Carvão Coque	Cerâmica Escura	Cerâmica Iluminada	Cimento	Cimento Pintado de Verde	Cimento Pintado de Vermelho	Concreto	Concreto Impermeabilizado	Concreto Pintado de Amarelo	Concreto Pintado de Vermelho	CRFS	Fibra de Vidro	Galvalume A	Galvalume B	Galvalume C	Lago	Lona	Manta Asfáltica Aluminizada	Pastilha Esmaltada	Pedra Mineira	Piscina de Azulejo	Piscina de Vinil	Plástico	Policarbonato	Solo Exposto	Sombra	Vegetação Arbórea	Vegetação Herbácea	Vidro Aramado	TOTAL
Aço Galvanizado Brilhante	71	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	1	4	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**107**
Aço Galvanizado Ferrugem	13	11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	**40**
Aço Galvanizado Fosco	10	0	86	0	7	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	15	5	4	2	0	0	7	0	1	0	0	6	0	1	25	0	0	0	**189**
Acrílico	4	1	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	9	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	**32**
Amianto	0	0	1	0	565	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	39	1	6	1	**658**
Asfalto	0	0	3	0	43	200	4	0	0	0	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	4	8	0	22	1	3	3	**311**
Asfalto Pintado Branco	7	3	8	0	15	8	11	0	2	0	1	0	6	1	0	21	3	1	0	4	18	0	0	0	0	0	0	0	4	1	5	2	1	0	1	0	1	0	**124**
Asfalto Pintado Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**13**
Bloquete	0	0	0	1	2	1	1	0	23	1	4	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	17	6	1	24	0	**91**
Carvão Coque	0	0	0	0	0	3	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	0	5	1	**110**
Cerâmica Escura	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4	6	1	4	0	**52**
Cerâmica Iluminada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**9**
Cimento	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0	0	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	2	0	0	1	0	**23**
Cimento Pintado de Verde	0	0	0	0	7	11	0	0	1	0	0	0	0	134	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	18	0	6	0	**194**
Cimento Pintado de Vermelho	0	0	0	0	1	1	1	8	0	0	7	0	0	1	110	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	**139**
Concreto	2	0	3	1	12	24	13	0	2	0	0	0	3	1	2	239	0	3	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	0	7	0	2	0	**331**
Concreto Impermeabilizado	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	2	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**95**
Concreto Pintado de Amarelo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	**14**
Concreto Pintado de Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	**17**
CRFS	6	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**22**
Fibra de Vidro	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**35**
Galvalume A	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	2	5	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**177**
Galvalume B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	135	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**141**
Galvalume C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	14	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**74**
Lago	0	0	0	0	9	9	0	0	0	8	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	2	3	10	**266**
Lona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**11**
Manta Asfáltica Aluminizada	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**24**
Pastilha Esmaltada	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	**29**
Pedra Mineira	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**68**
Piscina de Azulejo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	**46**
Piscina de Vinil	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	**16**
Plástico	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	45	0	0	2	0	0	0	**58**
Policarbonato	0	0	0	0	26	16	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	146	24	38	5	**273**
Solo Exposto	0	0	0	0	2	0	0	2	6	0	5	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	34	1	0	6	0	**86**
Sombra	0	0	0	0	19	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	855	35	15	2	**936**
Vegetação Arbórea	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	33	873	58	0	**970**
Vegetação Herbácea	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	21	153	1002	0	**1196**
Vidro Aramado	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	14	0	0	19	**42**
TOTAL	**126**	**35**	**108**	**5**	**725**	**294**	**44**	**19**	**43**	**97**	**52**	**15**	**22**	**156**	**115**	**347**	**99**	**18**	**12**	**9**	**92**	**196**	**157**	**72**	**187**	**18**	**41**	**24**	**107**	**51**	**10**	**67**	**31**	**78**	**1240**	**1091**	**1175**	**41**	**7019**
Acurácia do Produtor por Classe	56,35 %	31,43 %	79,63 %	60%	77,93 %	68,03 %	25%	31,58 %	53,49 %	89,69 %	48,08 %	60%	36,36 %	85,90 %	95,65 %	68,88 %	83,84 %	55,56 %	91,67 %	22,22 %	35,87 %	81,63 %	85,99 %	69,44 %	100%	33,33 %	56,10 %	83,33 %	59,81 %	90,20 %	30%	67,16 %	35,48 %	43,59 %	68,95 %	80,02 %	85,28 %	46,34 %	**70,94%**
Acurácia do Usuário por Classe	66,36 %	27,50 %	45,50 %	9,38 %	85,87 %	64,31 %	8,87 %	46,15 %	25,27 %	79,09 %	48,08 %	100%	34,78 %	69,07 %	79,14 %	72,21 %	87,37 %	71,43 %	64,71 %	9,09 %	94,29 %	90,40 %	95,74 %	67,57 %	70,30 %	54,55 %	95,83 %	68,97 %	94,12 %	100%	18,75 %	77,59 %	4,03 %	39,53 %	91,35 %	90%	83,78 %	45,24 %	

Tabela C.7 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados SpecTIR, com o classificador C 4.5, para o Nível de Legenda 2.

SpecTIR C 4.5 Nível 2	Aço Galvanizado Brilhante	Aço Galvanizado Ferrugem	Aço Galvanizado Fosco	Acrílico	Amianto	Asfalto	Asfalto Pintado Branco	Asfalto Pintado Vermelho	Bloquete	Carvão Coque	Cerâmica Escura	Cerâmica Iluminada	Cimento	Cimento Pintado de Verde	Cimento Pintado de Vermelho	Concreto	Concreto Impermeabilizado	Concreto Pintado de Amarelo	Concreto Pintado de Vermelho	CRFS	Fibra de Vidro	Galvalume A	Galvalume B	Galvalume C	Lago	Lona	Manta Asfáltica Aluminizada	Pastilha Esmaltada	Pedra Mineira	Piscina de Azulejo	Piscina de Vinil	Plástico	Policarbonato	Solo Exposto	Sombra	Vegetação Arbórea	Vegetação Herbácea	Vidro Aramado	TOTAL
Aço Galvanizado Brilhante	73	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
Aço Galvanizado Ferrugem	1	8	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Aço Galvanizado Fosco	1	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
Acrílico	1	0	1	18	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
Amianto	0	0	1	1	376	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	14	153	0	571
Asfalto	0	0	1	0	0	180	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	2	0	0	0	205
Asfalto Pintado Branco	0	0	0	0	4	5	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	30
Asfalto Pintado Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13
Bloquete	0	0	0	0	0	1	0	0	31	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3	0	10	0	4	98	0	156
Carvão Coque	0	0	0	0	1	13	0	0	1	72	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	100	48	8	0	251
Cerâmica Escura	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	30
Cerâmica Iluminada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	19
Cimento	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	5	32	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	2	0	0	7	0	68
Cimento Pintado de Verde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
Cimento Pintado de Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
Concreto	0	0	0	0	13	3	2	0	0	0	0	0	1	4	0	217	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	254
Concreto Impermeabilizado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	0	0	0	8	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	99
Concreto Pintado de Amarelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
Concreto Pintado de Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	16
CRFS	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	26
Fibra de Vidro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	2	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
Galvalume A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	126	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139
Galvalume B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	145	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
Galvalume C	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	42	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
Lago	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
Lona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Manta Asfáltica Aluminizada	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Pastilha Esmaltada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Pedra Mineira	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	62
Piscina de Azulejo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	28
Piscina de Vinil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	10
Plástico	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	49	0	0	0	2	1	0	58
Policarbonato	0	0	1	1	12	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	45	0	10	15	0	0	104
Solo Exposto	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	3	5	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	39	2	1	32	0	94
Sombra	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	534	2	0	0	538
Vegetação Arbórea	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	667	5	0	905
Vegetação Herbácea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	17	541	0	559
Vidro Aramado	0	0	0	0	2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	55	98
TOTAL	**85**	**10**	**74**	**20**	**461**	**238**	**21**	**15**	**47**	**75**	**27**	**26**	**40**	**138**	**106**	**281**	**95**	**47**	**14**	**21**	**78**	**171**	**146**	**58**	**144**	**7**	**46**	**17**	**76**	**29**	**13**	**78**	**48**	**57**	**905**	**770**	**848**	**55**	**5387**
Acurácia do Produtor por Classe	85,88 %	80%	90,54 %	90%	81,56 %	75,63 %	66,67 %	80%	65,96 %	96%	74,07 %	50%	80%	93,48 %	96,23 %	77,22 %	89,47 %	93,62 %	100%	76,19 %	91,03 %	73,68 %	99,32 %	72,41 %	97,22 %	85,71 %	52,17 %	58,82 %	73,68 %	96,55 %	61,54 %	62,82 %	93,75 %	68,42 %	59,01 %	86,62 %	63,80 %	100%	**76,28%**
Acurácia do Usuário por Classe	81,11 %	13,33 %	97,10 %	43,90 %	65,85 %	87,80 %	46,67 %	92,31 %	19,87 %	28,69 %	66,67 %	68,42 %	47,06 %	100%	100%	85,43%	85,86 %	55,70 %	87,50 %	61,54 %	77,17 %	90,65 %	94,16 %	77,78 %	97,90 %	100%	96%	100%	90,32%	100%	80%	84,48 %	43,27 %	41,49 %	99,26 %	73,70 %	96,78 %	56,12 %	

Tabela C.8 – Matriz de confusão com valores de exatidão global e acurácias do usuário e produtor para os dados SpecTIR, com o classificador *Random Forest*, para o Nível de Legenda 2.

SpecTIR RF Nível 2	Aço Galvanizado Brilhante	Aço Galvanizado Ferrugem	Aço Galvanizado Fosco	Acrílico	Amianto	Asfalto	Asfalto Pintado Branco	Asfalto Pintado Vermelho	Bloquete	Carvão Coque	Cerâmica Escura	Cerâmica Iluminada	Cimento	Cimento Pintado de Verde	Cimento Pintado de Vermelho	Concreto	Concreto Impermeabilizado	Concreto Pintado de Amarelo	Concreto Pintado de Vermelho	CRFS	Fibra de Vidro	Galvalume A	Galvalume B	Galvalume C	Lago	Lona	Manta Asfáltica Aluminizada	Pastilha Esmaltada	Pedra Mineira	Piscina de Azulejo	Piscina de Vinil	Plástico	Policarbonato	Solo Exposto	Sombra	Vegetação Arbórea	Vegetação Herbácea	Vidro Aramado	TOTAL
Aço Galvanizado Brilhante	67	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
Aço Galvanizado Ferrugem	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
Aço Galvanizado Fosco	2	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	55
Acrílico	0	0	0	5	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Amianto	0	0	0	0	395	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	2	1	2	425
Asfalto	0	0	1	0	1	160	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	9	1	1	2	182
Asfalto Pintado Branco	0	0	0	0	1	8	12	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	41
Asfalto Pintado Vermelho	0	0	0	0	0	1	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
Bloquete	0	0	0	0	13	1	0	0	32	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	1	115	0	172
Carvão Coque	0	0	0	0	1	2	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	1	0	77
Cerâmica Escura	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4	0	14
Cerâmica Iluminada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Cimento	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	37	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	49
Cimento Pintado de Verde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	134	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	22	0	165
Cimento Pintado de Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	103	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	117
Concreto	0	0	2	0	19	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0	242	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1	3	0	4	0	292
Concreto Impermeabilizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
Concreto Pintado de Amarelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
Concreto Pintado de Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	18
CRFS	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	18
Fibra de Vidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
Galvalume A	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	115	0	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134
Galvalume B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144
Galvalume C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
Lago	0	0	0	0	9	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	1	3	0	224
Lona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Manta Asfáltica Aluminizada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Pastilha Esmaltada	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
Pedra Mineira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	55	0	0	0	0	4	0	0	0	0	63
Piscina de Azulejo	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	44
Piscina de Vinil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	18
Plástico	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	66
Policarbonato	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	27	4	0	0	62
Solo Exposto	0	0	0	0	6	1	1	1	9	5	11	3	0	0	1	0	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6	0	25	38	7	61	0	184
Sombra	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	583	4	0	0	592
Vegetação Arbórea	10	3	0	0	63	13	2	3	0	1	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	4	12	1	1	0	0	12	2	0	0	0	0	5	3	210	729	134	2	1215
Vegetação Herbácea	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	636	0	657
Vidro Aramado	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	58	93
TOTAL	**87**	**18**	**56**	**5**	**524**	**214**	**24**	**27**	**52**	**70**	**15**	**15**	**41**	**142**	**105**	**259**	**110**	**43**	**11**	**20**	**91**	**174**	**133**	**59**	**180**	**11**	**35**	**12**	**69**	**42**	**16**	**76**	**29**	**35**	**940**	**767**	**991**	**64**	**5562**
Acurácia do Produtor por Classe	77,01 %	61,11 %	89,29 %	100%	75,38 %	74,77 %	50%	70,37 %	61,54 %	90%	13,33 %	66,67 %	90,24 %	94,37 %	98,10 %	93,44 %	84,55 %	72,09 %	100%	60%	79,12 %	66,09 %	97,74 %	83,05 %	99,44%	54,55 %	25,71 %	83,33 %	79,71 %	97,62 %	62,50 %	85,53 %	65,52 %	71,43 %	62,02 %	95,05 %	64,18 %	90,63 %	**76,95%**
Acurácia do Usuário por Classe	72,83 %	57,89 %	90,91 %	25%	92,94 %	87,91 %	29,27 %	90,48 %	18,60 %	81,82 %	14,29 %	100%	75,51 %	81,21 %	88,03 %	82,88 %	98,94 %	93,94 %	61,11 %	66,67 %	98,63 %	85,82 %	90,28 %	96,08 %	79,91%	100%	90%	83,33 %	87,30 %	93,18 %	55,56 %	98,48 %	30,65 %	13,59 %	98,48 %	60%	96,80 %	62,37 %	

APÊNDICE D – ÍNDICES KAPPA CONDICIONAIS POR CLASSE

Tabela D.1 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados WV-2 para o Nível de Legenda 1.

Classes	Método C4.5		Método RF	
	K_u	K_p	K_u	K_p
Cerâmica	0,5000	0,0769	1,0000	0,2000
Coberturas Metálicas	0,7273	0,9180	0,8023	0,9079
Materiais Mistos e Coberturas Diversas	0,8540	0,4063	0,9265	0,4406
Lago	1,0000	0,9280	1,0000	0,8992
Pavimentação Não Viária	0,6173	0,8772	0,8871	0,9483
Pavimentação Viária	0,6983	0,6750	0,7966	0,8174
Piscina	1,0000	0,9000	0,8000	1,0000
Solo Exposto	0,1579	0,1034	0,5385	0,5833
Sombra	0,7383	0,8514	0,6558	0,8916
Vegetação Arbórea	0,6633	0,9387	0,7292	0,8783
Vegetação Herbácea	0,7378	0,7961	0,8053	0,8777

Tabela D.2 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados SpecTIR para o Nível de Legenda 1.

Classes	Método C4.5		Método RF	
	K_u	K_p	K_u	K_p
Cerâmica	1,0000	0,7857	0,8333	1,0000
Coberturas Metálicas	0,8873	0,9844	0,9538	0,9688
Materiais Mistos e Coberturas Diversas	0,9362	0,6667	1,0000	0,6726
Lago	1,0000	0,5766	1,0000	0,9346
Pavimentação Não Viária	0,7778	0,7925	0,7647	0,9512
Pavimentação Viária	0,7024	0,7468	0,8621	0,6000
Piscina	1,0000	0,8947	0,8000	1,0000
Solo Exposto	0,8571	0,5455	0,7083	0,7083
Sombra	0,4426	0,9905	0,6794	1,0000
Vegetação Arbórea	0,7427	0,6800	0,8520	0,7393
Vegetação Herbácea	0,8398	0,7668	0,6937	0,9006

Tabela D.3 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados WV-2 para o Nível de Legenda 2.

Classes	Método C4.5		Método RF	
	K_u	K_p	K_u	K_p
Aço Galvanizado Brilhante	0,5969	0,8370	0,5635	0,6636
Aço Galvanizado Ferrugem	0,6957	0,2078	0,3143	0,2750
Aço Galvanizado Fosco	0,7686	0,3509	0,7963	0,4550
Acrílico	0,6000	0,0448	0,6000	0,0938
Amianto	0,7548	0,8563	0,7793	0,8587
Asfalto	0,6389	0,6699	0,6803	0,6431
Asfalto Pintado Branco	0,4130	0,1845	0,2500	0,0887
Asfalto Pintado Vermelho	0,4667	0,9333	0,3158	0,4615
Bloquete	0,5636	0,3196	0,5349	0,2527
Carvão Coque	0,8660	0,8235	0,8969	0,7909
Cerâmica Escura	0,3958	0,4222	0,4808	0,4808
Cerâmica Iluminada	0,3333	1,0000	0,6000	1,0000
Cimento	0,3333	0,6667	0,3636	0,3478
Cimento Pintado de Verde	0,2857	0,1088	0,8590	0,6907
Cimento Pintado de Vermelho	0,9297	0,8881	0,9565	0,7914
Concreto	0,6543	0,6274	0,6888	0,7221
Concreto Impermeabilizado	0,6577	0,9125	0,8384	0,8737
Concreto Pintado de Amarelo	0,4762	0,2326	0,5556	0,7143
Concreto Pintado de Vermelho	0,2727	0,2727	0,9167	0,6471
CRFS	0,2000	0,0476	0,2222	0,0909
Fibra de Vidro	0,4405	0,5968	0,3587	0,9429

(continua)

Tabela D.3 - Continuação

Galvalume A	0,7816	0,9067	0,8163	0,9040
Galvalume B	0,8582	0,9504	0,8599	0,9574
Galvalume C	0,6338	0,8182	0,6944	0,6757
Lago	1,0000	0,5777	1,0000	0,7030
Lona	0,2667	0,4000	0,3333	0,5455
Manta Asfáltica Aluminizada	0,6364	0,9032	0,5610	0,9583
Pastilha Esmaltada	0,5000	0,4643	0,8333	0,6897
Pedra Mineira	0,5484	0,9189	0,5981	0,9412
Piscina de Azulejo	0,7714	0,9310	0,9020	1,0000
Piscina de Vinil	0,4286	0,7500	0,3000	0,1875
Plástico	0,6500	0,6393	0,6716	0,7759
Policarbonato	0,4286	0,0795	0,3548	0,0403
Solo Exposto	0,4340	0,1825	0,4359	0,3953
Sombra	0,7034	0,8760	0,6895	0,9135
Vegetação Arbórea	0,7755	0,9217	0,8002	0,9000
Vegetação Herbácea	0,7073	0,8827	0,8528	0,8378
Vidro Aramado	0,4130	0,2794	0,4634	0,4524

Tabela D.4 – Índices Kappa condicional do usuário e do produtor referente às classificações dos dados SpecTIR para o Nível de Legenda 2.

Classes	Método C4.5		Método RF	
	K_u	K_p	K_u	K_p
Aço Galvanizado Brilhante	0,8588	0,8111	0,7701	0,7283
Aço Galvanizado Ferrugem	0,8000	0,1333	0,6111	0,5789
Aço Galvanizado Fosco	0,9054	0,9710	0,8929	0,9091
Acrílico	0,9000	0,4390	1,0000	0,2500
Amianto	0,8156	0,6585	0,7538	0,9294
Asfalto	0,7563	0,8780	0,7477	0,8791
Asfalto Pintado Branco	0,6667	0,4667	0,5000	0,2927
Asfalto Pintado Vermelho	0,8000	0,9231	0,7037	0,9048
Bloquete	0,6596	0,1987	0,6154	0,1860
Carvão Coque	0,9600	0,2869	0,9000	0,8182
Cerâmica Escura	0,7407	0,6667	0,1333	0,1429
Cerâmica Iluminada	0,5000	0,6842	0,6667	1,0000
Cimento	0,8000	0,4706	0,9024	0,7551
Cimento Pintado de Verde	0,9348	1,0000	0,9437	0,8121
Cimento Pintado de Vermelho	0,9623	1,0000	0,9810	0,8803
Concreto	0,7722	0,8543	0,9344	0,8288
Concreto Impermeabilizado	0,8947	0,8586	0,8455	0,9894
Concreto Pintado de Amarelo	0,9362	0,5570	0,7209	0,9394
Concreto Pintado de Vermelho	1,0000	0,8750	1,0000	0,6111
CRFS	0,7619	0,6154	0,6000	0,6667
Fibra de Vidro	0,9103	0,7717	0,7912	0,9863

(continua)

Tabela D.4 - Continuação

Galvalume A	0,7368	0,9065	0,6609	0,8582
Galvalume B	0,9932	0,9416	0,9774	0,9028
Galvalume C	0,7241	0,7778	0,8305	0,9608
Lago	0,9722	0,9790	0,9944	0,7991
Lona	0,8571	1,0000	0,5455	1,0000
Manta Asfáltica Aluminizada	0,5217	0,9600	0,2571	0,9000
Pastilha Esmaltada	0,5882	1,0000	0,8333	0,8333
Pedra Mineira	0,7368	0,9032	0,7971	0,8730
Piscina de Azulejo	0,9655	1,0000	0,9762	0,9318
Piscina de Vinil	0,6154	0,8000	0,6250	0,5556
Plástico	0,6282	0,8448	0,8553	0,9848
Policarbonato	0,9375	0,4327	0,6552	0,3065
Solo Exposto	0,6842	0,4149	0,7143	0,1359
Sombra	0,5901	0,9926	0,6202	0,9848
Vegetação Arbórea	0,8662	0,7370	0,9505	0,6000
Vegetação Herbácea	0,6380	0,9678	0,6418	0,9680
Vidro Aramado	1,0000	0,5612	0,9063	0,6237

APÊNDICE E - TESTES DE HIPÓTESE

Tabela E.1. Testes de hipóteses individuais por classificação para o Nível de Legenda 1.

WV – 2 Nível 1 C 4.5	**H0: kappa1 = 0**	
	H1: kappa1 > 0	
	Z =	51,69
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa1 é significativamente maior que zero.	
WV – 2 Nível 1 RF	**H0: kappa2 = 0**	
	H1: kappa2 > 0	
	Z =	59,64
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa2 é significativamente maior que zero.	
SPECTIR Nível 1 C 4.5	**H0: kappa3 = 0**	
	H1: kappa3 > 0	
	Z =	46,26
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa3 é significativamente maior que zero.	
SPECTIR Nível 1 RF	**H0: kappa4 = 0**	
	H1: kappa4 > 0	
	Z =	58,36
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa4 é significativamente maior que zero.	

Tabela E.2. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos métodos C4.5 e Random Forest (RF) para o Nível de Legenda 1.

WV – 2	**H0: kappa1 - kappa2 = 0**	
Nível 1	**H1: kappa1 - kappa2 < 0**	
C4.5 e RF	Z =	-3,27
	Valor-P =	0,0005
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa1 é significativamente menor que o kappa2.	
SPECTIR	**H0: kappa3 - kappa4 = 0**	
Nível 1	**H1: kappa3 - kappa4 < 0**	
C4.5 e RF	Z =	-3,89
	Valor-P =	0,0001
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa3 é significativamente menor que o kappa4.	

Tabela E.3. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos sensores WV – 2 e Spectir para o Nível de Legenda 1.

C 4.5	**H0: kappa1 - kappa3 = 0**	
Nível 1	**H1: kappa1 - kappa3 < 0**	
WV-2 e SPECTIR	Z =	29,13
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa1 é significativamente menor que o kappa3.	
RF	**H0: kappa2 - kappa4 = 0**	
Nível 1	**H1: kappa2 - kappa4 < 0**	
WV-2 e SPECTIR	Z =	-1,71
	Valor-P =	0,0436
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa2 é significativamente menor que o kappa4.	

Tabela E.4. Testes de hipóteses individuais por classificação para o Nível de Legenda 2.

WV – 2	**H0: kappa1 = 0**	
	H1: kappa1 > 0	
Nível 2	Z =	114,68
	Valor-P =	0,0000
C 4.5	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa1 é significativamente maior que zero.	
WV – 2	**H0: kappa2 = 0**	
	H1: kappa2 > 0	
Nível 2	Z =	128,89
	Valor-P =	0,0000
RF	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa2 é significativamente maior que zero	
SPECTIR	**H0: kappa3 = 0**	
	H1: kappa3 > 0	
Nível 2	Z =	118,79
	Valor-P =	0,0000
C 4.5	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, o kappa3 é significativamente maior que zero.	
SPECTIR	**H0: kappa4 = 0**	
	H1: kappa4 > 0	
Nível 2	Z =	121,47
	Valor-P =	0,0000
RF	Alfa =	0,05
	Conclusão:Rejeito H0, o kappa4 é significativamente maior que zero.	

Tabela E.5. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos métodos C4.5 e Random Forest (RF) para o Nível de Legenda 2.

WV – 2 **Nível 2** **C4.5 e RF**	**H0: kappa1 - kappa2 = 0**	
	H1: kappa1 - kappa2 > 0	
	Z =	-6,48
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, **o kappa1 é significativamente menor que o kappa2.**	
SPECTIR **Nível 2** **C4.5 e RF**	**H0: kappa3 - kappa4 = 0**	
	H1: kappa3 - kappa4 > 0	
	Z =	-0,54
	Valor-P =	0,2952
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Aceito H0, **os kappas não são significamente diferentes.**	

Tabela E.6. Testes de hipóteses para comparar o desempenho dos sensores WV – 2 e Spectir para o Nível de Legenda 1.

C 4.5 **Nível 2** **WV-2 e SPECTIR**	**H0: kappa1 - kappa3 = 0**	
	H1: kappa1 - kappa3 < 0	
	Z =	-8,37
	Valor-P =	0,0000
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, **o kappa1 é significativamente menor que o kappa3.**	
RF **Nível 2** **WV-2 e SPECTIR**	**H0: kappa2 - kappa4 = 0**	
	H1: kappa2 - kappa4 < 0	
	Z =	-2,87
	Valor-P =	0,0020
	Alfa =	0,05
	Conclusão: Rejeito H0, **o kappa2 é significativamente menor que o kappa4.**	