

6.

Resultados

6.1.

Estabelecimento da legenda, rede hierárquica e classificação visual

Conforme discutido anteriormente, a elaboração de um modelo de classificação semi-automática perpassa uma série de etapas que culminam na formatação final do modelo a ser elaborado. Neste sentido, a primeira destas etapas está associada ao estabelecimento de uma legenda que apresente as principais características de cada uma das classes a serem levadas em consideração no processo de classificação de uso e cobertura.

Entretanto, apesar da ênfase destacada aos softwares (apresentados no Capítulo anterior) que podem vir à contribuir para o apoio de decisão para aferir a qualidade dos resultados, assim como para o entendimento dos padrões e objetos geográficos existentes em determinadas áreas, outra perspectiva, e que, foi defendida ao longo de grande parte do presente trabalho foi a utilização do conhecimento de campo por parte do pesquisador. É exatamente neste sentido que o trabalho de campo elaborado nas proximidades da área de interesse permitiu o entendimento de alguns padrões, e desta maneira, contribuiu para a construção da legenda de classificação.

Ora, assim, inúmeros elementos puderam ser percebidos contribuindo para o entendimento de uma série de processos (e, desta maneira, formas no uso e cobertura do solo) existentes na paisagem. Um exemplo claro, e que se torna extremamente difícil de estabelecer via a utilização pura e simples do sensoriamento remoto foi a associação de áreas de queimada/gramíneas à fogueiras construídas para cultos religiosos . Ora, apesar da vertente norte do maciço da Tijuca possuir uma maior potencialidade à ocorrência de incêndios devido à uma multiplicidade de variáveis físicas que justificam a ocorrência do fenômeno, o fator humano (cultural) pode também ser responsável pela detonação destes processos.

Outro, exemplo, já citado anteriormente ao longo do presente trabalho é a existência de linhas de transmissão e de antenas que estão associadas diretamente à uma modificação da paisagem de entorno por conta dos raios ionizantes

irradiadas pela mesma . A paisagem ao redor de tais elementos, normalmente é caracterizada pela presença de uma vegetação alterada e pioneira, sendo em grande parte caracterizada pela dominância de uma pastagem com arbustos espaçados e presença de capim. De acordo com Santana (2001, p. 41)

A composição da vegetação secundária pode depender da interação de múltiplos fatores. O primeiro seria a composição do potencial florístico do solo, estritamente ligado à flora local; depois, à acessibilidade do terreno e a características físicas, químicas e bióticas do solo. O terceiro fator é o histórico de utilização da área e a natureza da perturbação.

Entretanto, como apontado por Oliveira et al. (1995), a vegetação associada à vertente norte do Maciço da Tijuca, em grande parte está associada à alguns fatos tais como: incêndio florestais (decorrentes da características físicas e abióticas da mesma, tais como a maior incidência solar, a menor umidade), a instabilidade de encostas e a inexistência de um “vigor não observável no lado norte, onde as formações florestais vêm progressivamente dando lugar a formações de capim colônia” (1995, p.525).

A existência de espécies-chave também contribui para explicar o entendimento da dinâmica da paisagem no Maciço da Tijuca na qual, por exemplo, pode-se perceber a presença de uma vegetação arbórea mais desenvolvida (caracterizada por ser uma floresta secundária avançada, ainda em processo de regeneração como foi apresentado anteriormente). A presença da espécie embaúba-prateada, por exemplo, (*Cecropia hololeuca*), espécie esta característica da vegetação secundária (ombrófila densa), indica a recuperação de áreas degradadas (seja por alteração antrópica da área em questão, seja por fatores “naturais”). Desta maneira, este elemento da paisagem contribui para a percepção visual (até mesmos pelas características da espécie em questão) para a identificação de áreas que sofreram algum tipo de degradação.

Estas percepções contribuem de maneira decisiva para o enriquecimento da rede semântica, propiciando o observador melhorar sua percepção da dinâmica ecológica e, desta maneira, tornar o modelo de classificação semi-automático um modelo que leve em consideração o maior número possível de informações que estão apresentadas no plano da realidade.



Figura 25: Fotos tiradas nas proximidades da área de interesse em visita de campo

a) identificação de fogueira para cultos religiosos b) percepção da vegetação nas bordas das linhas de transmissão e antenas na área de interesse c) identificação da existência de espécies do tipo gramínea e herbáceas d) identificação das embaúbas (copas prateadas) indicando áreas de alteração

A relação direta entre o intérprete da imagem e os alvos à serem interpretados necessitam da apresentação em relação à uma série de características associada a cada classe (forma, tamanho, estrutura, localização onde as mesmas ocorrerem, contextualização, entre outras) para que se torne possível identificar, sem maiores subjetivismos, os mais variados objetos do território. Neste sentido, apresenta-se a legenda de classificação que destaca as principais características à levadas em consideração no procedimento da classificação. Os descritores espaciais (forma, tamanho e estrutura), assim como as informações referentes à localização e contextualização tiveram como base inicial a estrutura da chave de classificação podem ser visualizadas na Tabela .

Tabela 3: Legenda utilizada para a classificação.

<i>Classe</i>	<i>Amostra (RGB 1,2,3)</i>	<i>Amostra RGB (4,2,3)</i>	<i>Cor RGB (1,2,3)</i>	<i>Localização e Contextualização</i>	<i>Forma e Estrutura das Classes</i>
Indicadores de Degradação - Embaúba			Branco, Prateado.	Espécie Cecropia Hololeuca. Espécie com características de cores diferenciadas em relação ao restante do pacote arbóreo. A presença de embaúbas-prateadas apresenta algum estágio de alteração (antrópico ou não) no local de sua ocorrência. Condicionalizada à Vegetação Não Urbana.	Textura rugosa com formas naturais heterogêneas.
Vegetação do Tipo Arbóreo			Verde escuro com variações para o verde médio.	Relacionadas à vegetação secundária avançada formando um grande complexo florestal. Associadas fundamentalmente à áreas verdes concetadas não circundadas pelo complexo urbano.	Textura rugosa com formas naturais heterogêneas. Caracterizada pela presença maciça de vegetação arbórea, sendo caracterizada, principalmente pelo estágio sucessional secundário.
Vegetação do Tipo Gramínea			Verde musgo, verde claro, verde amarelado e amarelo	Relacionadas à áreas com ausência de vegetação desenvolvida, ocorrendo também no contato direto de clareiras ou ainda associada à vegetação	Textura lisa com formas irregulares. Possui vegetação rasteira/gramíneas e ausência de

				próxima à afloramentos rochosos e áreas de solo exposto. Pode indicar um estágio inicial de recuperação em áreas com ausência de cobertura vegetal.	vegetação arbóreo-arbustiva densa.
Vegetação Urbana			Verde musgo, verde claro, verde amarelado	Inicialmente associado à vegetação, esta classe é referente ao que tange a sua contextualização em relação à classe “Área Urbana”, ocorrendo tanto em áreas urbana consolidada como em área urbana não consolidada. A vegetação componente desta classe congrega tanto a vegetação rasteira, quanto a arbustiva e arbórea.	Textura lisa com formas irregulares. Possui vegetação rasteira/gramíneas e ausência de vegetação arbóreo-arbustiva densa.
Afloramento Rochoso			Marrom, Cinza escuro e cinza claro	Normalmente circundado por áreas vegetadas e com a existência de pouquíssimas edificações no entorno próximo. Associado também com áreas de alta declividade	Textura lisa homogênea, com formas naturais irregulares
Solo Exposto			Marrom claro, marrom avermelhado, amarelo, Marrom alaranjada, Amarelo alaranjada.	Ausência de vegetação e aparência seca do solo. Também associada diretamente à presença de caminhos utilizados por moradores locais (normalmente próximo	Textura lisa e ou rugosa com formas irregulares.

				de áreas vegetadas)	
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial			Branco, Cinza, Cinza esbranquiçado, Vermelho, Marrom, Laranja.	Áreas com a presença de conjuntos de residências, estabelecendo-se predominância em relação das mesmas sobre prediais.	Formas retangulares e quadradas com organização contínua. Textura lisa com formas artificiais homogêneas. Construções com cobertura de lajes e amianto, com edificações de pequeno porte com cobertura de telhas (laranja, vermelho e marrom)
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial			Cinza Claro e Cinza Escuro.	Áreas com a presença de conjuntos prediais, estabelecendo-se predominância das mesmas sobre residências.	Construções de grande porte com cobertura fundamentalmente de cimento em contraposição à áreas urbanas com uso do tipo residencial.
Área Urbana Não Consolidada			Marrom claro, Marrom avermelhado, Cinza, Branco, Marrom avermelhado, branco a cinza	Associado diretamente à áreas com pouca infraestrutura aparente (muito solo exposto associado à vielas que se abrem e que servem de caminhos). Normalmente localizadas em áreas com relevos mais acentuados.	Formas assimétricas e descontínuas. Textura rugosa com formas artificiais heterogêneas. Construções de pequeno porte com cobertura de cerâmica ou com cobertura de lajes e amianto

Torres de Transmissão de Energia			Cinza, Branco	Caracterizam-se pela sua ocorrência em áreas isoladas (notadamente topos de morros ou em meio à porções não urbanizadas). Podem ser identificadas a partir de seu brilho (devido ao material que as compõe)	Formas irregulares presentes fundamentalmente em porções mais elevadas do relevo.
Edificações Isoladas			Cinza, Branco, Laranja, Laranja Avermelhado	Edificações que se encontram afastados pelo menos 200 metros da área urbana.	Formas retangulares e quadradas normalmente isoladas ou em pequenos complexos estruturais. Textura lisa com formas artificiais homogêneas.
Estradas			Cinza chumbo, cinza	Associada às estradas que cortam as porções não urbanas da área analisada.	Textura lisa com formas artificiais homogêneas.
Sombra			Preto	Associada fundamentalmente à geomorfologia local.	Textura lisa ou pouco rugosa com forma e tamanhos variados. heterogêneas.

Desta maneira, como anteriormente exposto, ao se trabalhar com a classificação orientada à objetos, adotou-se também a construção de uma rede hierárquica com o intuito de apresentar de maneira estruturada as diversas relações pensadas entre as classes utilizadas. Assim, pôde-se estabelecer diferenciados níveis que contribuíam para a compartimentação das classes, sendo os níveis inferiores, sub-divisões dos níveis superiores. Apoiados em visitas à área

de estudo, assim como uma interpretação preliminar da imagem, estabeleceu-se a seguinte chave hierárquica (Figura).

É importante destacar que a presente rede teve como base a rede semântica utilizada para o Programa Integrado de Monitoria Remota de Fragmentos Florestais e Crescimento Urbano no Rio de Janeiro (PIMAR). Entretanto, uma série de modificações foram realizadas com o intuito de se identificar novas classes de interesse ligadas à processos identificados no Maciço da Tijuca.

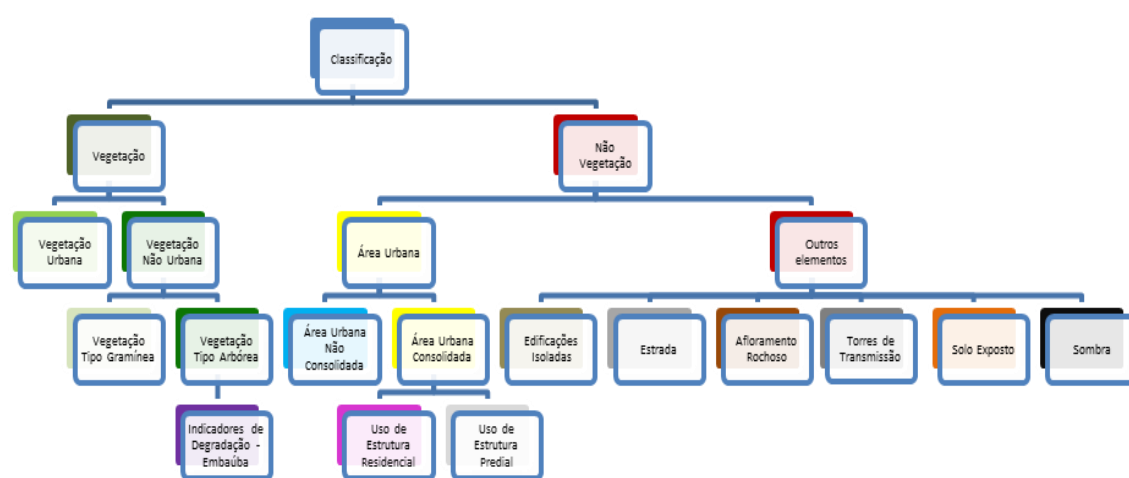


Figura 26: Rede hierárquica inicial

Tomando-se por base a legenda de classificação apresentada, buscou-se desenvolver um primeiro padrão de uso e classificação de cobertura do solo, tanto para o ano de 2009 quanto para o ano de 2010. O intuito básico associado à estas produções está diretamente relacionado com a necessidade de se desenvolver um produto que sirva como parâmetro de comparação entre aquilo interpretado e entendido da paisagem de maneira visual pelo classificador, e o(s) produto(s) desenvolvido(s) a partir dos resultados levantados pelo modelo de classificação.

Desta maneira, para aproximar a metodologia da classificação visual da metodologia adotada para a classificação automática, optou-se por se gerar a classificação visual baseada a partir de técnicas de segmentação nas imagens adotadas. Esta ação foi realizada com o objetivo de se dirimir os possíveis

subjetivismos e imprecisões gerados por uma classificação que se baseasse em uma vetorização manual dos objetos a serem identificados. Assim, foram desenvolvidos, a partir do software InterIMAGE 1.32 (Costa et al., 2008), a segmentação para os dois anos em questão. Os parâmetros utilizados para esta segmentação encontram-se na Tabela :

Tabela 4: Parâmetros de Segmentação adotados para a Classificação Visual.

Parâmetros⁴⁴	Valor – Nível 1
Escala	20
Cor	0.7
Forma	0.3
Compacidade	0.5
Suavidade	0.5
Peso das bandas (B1, B2, B3, B4)	1,1,1,1

A partir destes parâmetros, geraram-se os dois produtos que foram, em seguida, classificados visualmente. Os resultados da classificação visual podem ser visualizados nas Figura e Figura .

⁴⁴ É importante que se destaque nos parâmetros de segmentação adotados, o que significa cada um destes parâmetros. Desta forma, a escala está associada diretamente a heterogeneidade máxima atribuída aos pixels para os segmentos resultantes. Quanto maior for a escala, maior é a variação de informações associadas ao objeto. Assim, a escala afeta diretamente o tamanho dos objetos a serem gerados. Além deste parâmetro que define o tamanho dos objetos, também são levantadas informações referentes a como estes objetos serão gerados a partir de informações baseadas em forma e cor. É importante destacar que estes parâmetros se complementam, sendo que a soma de ambos totalizará necessariamente o valor 1.0. Assim, quando se utiliza, durante a segmentação, um valor maior para a forma está se optando por otimizar a homogeneidade espacial em contraposição à homogeneidade espectral. Do contrário, ao se optar por valores maiores em relação à cor, será enfatizado a homogeneidade espectral dos objetos em relação à homogeneidade espacial.

O parâmetro forma, por sua vez, apresenta, duas sub-variáveis que se complementam: A compacidade (que define objetos com formas mais regulares e duras) e a suavidade (que define objetos com formas mais irregulares e suavizadas).

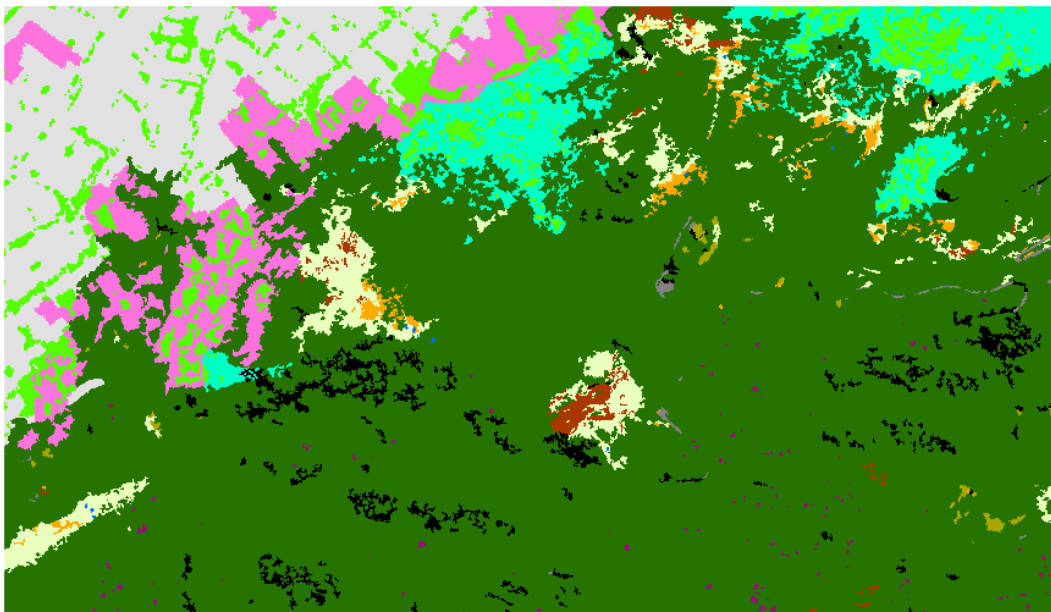


Figura 27: Resultados provenientes da classificação visual para o ano de 2009.

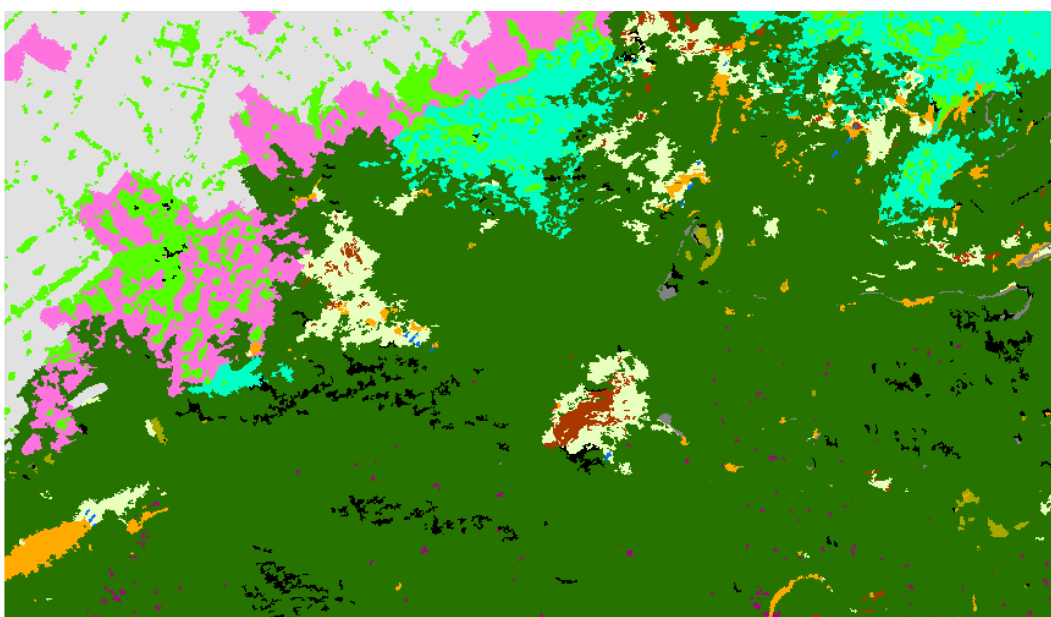


Figura 28: Resultados provenientes da classificação visual para o ano de 2010.

Desta maneira, a partir da estruturação da verdade terrestre, pôde-se iniciar a construção do modelo de classificação semi-automática.

6.2.

Estabelecimento do modelo de Classificação Semi-automática dos anos de 2010 e 2009

A partir do exposto foi possível elaborar um modelo que contribuiria para a identificação de objetos a partir de conhecimentos geográficos imputados no relacionamento entre os variados elementos existentes na paisagem. Desta maneira, através de uma sucessão de etapas que envolvem segmentações e classificações foi possível estabelecer a construção deste modelo⁴⁵.

Antes de tudo, porém, é importante destacar que para a elaboração da metodologia de classificação, utilizaram-se, em um primeiro momento, os parâmetros de segmentação apontados por Pinho (2008). Entretanto, conforme a realização de sequenciados testes (com diferenciados níveis de segmentação elaborados), foram produzidos basicamente 4 diferentes planos segmentados, sendo eles: Nível 1, Nível 2, Nível 3 e Nível 4⁴⁶. A principal diferenciação entre os níveis de segmentação está associado à escala dos polígonos gerados. Desta maneira, optou-se inicialmente por realizar uma primeira segmentação (Nível 1), com os parâmetros abaixo listados (Tabela).

⁴⁵ Para facilitar a compreensão estrutural do modelo gerado foi elaborada uma Hierarquia de etapas (apoiadas em cada classe descrita) para que o leitor possa acompanhar de maneira mais sintética os procedimentos elaborados na construção do modelo. Esta hierarquia se encontra no Anexo I do presente trabalho. Nesta estrutura podem ser visualizados os Quadros específicos de cada classe e que são numeradas ao longo da explicação da construção do modelo. É ainda importante destacar que os processos apresentados a seguir para a construção do modelo semi-automático foram realizados a partir do software eCognition Developer Trial 8.

⁴⁶ A hierarquia dos níveis de segmentação estão apresentadas na ordem “numérica”, sendo o primeiro nível o Nível 1 e o último nível, o Nível 4.

Tabela 5: Parâmetros de Segmentação adotados para o Nível 1 da Classificação Semi-Automática.⁴⁷

Parâmetros	Valor – Nível 1
Escala	10 ⁴⁸
Cor	0.7
Forma	0.3
Compacidade	0.5
Suavidade	0.5
Peso das bandas (B1, B2, B3, B4)	1,1,1,1

Um primeiro esforço apontado nesta metodologia consiste em uma “macro” separação de classes que surgem marcadas na paisagem (já apontado na Hierarquia de classificação utilizada no presente trabalho, ou seja, daquilo que se entende por “vegetação” e daquilo que se define como “não vegetação”). Conforme proposto por Jensen (2007), esta distinção foi elaborada pela divisão direta entre as bandas “infravermelho” (B4) e a banda “vermelho” (B1). A partir do estabelecimento destes critérios, definiu-se o limiar “B4/B1” < 1.165 para as áreas classificadas como “Não Vegetação” e o limiar “B4/B1” > 1.165 para as áreas classificadas como “Vegetação”. O resultado deste procedimento pode ser visualizado na Figura .

Após esta etapa, as duas “macro” classes foram aglutinadas em polígonos gerais de cada classe para que fosse possível estabelecer metodologias de segmentação e classificação específicas para cada uma delas. No presente trabalho, seguindo a Hierarquia de classificação proposta, nos ateremos neste momento à identificação das classes referentes à “Não Vegetação”, para depois apresentar a diferenciação e escrutinização das classes referentes à todo o resto que são rotuladas como “Vegetação”.

⁴⁷ Tanto para a segmentação utilizada para a Classificação Visual, através do software InterImage quanto a utilizada para a Classificação baseada no modelo desenvolvido, através do software eCognition, basearam-se no algoritmo formulado por Baatz e Schape (2000).

⁴⁸ Pinho (2008) apresenta como parâmetro ideal o nível de segmentação “30” ao invés do nível “10” utilizado no presente trabalho.

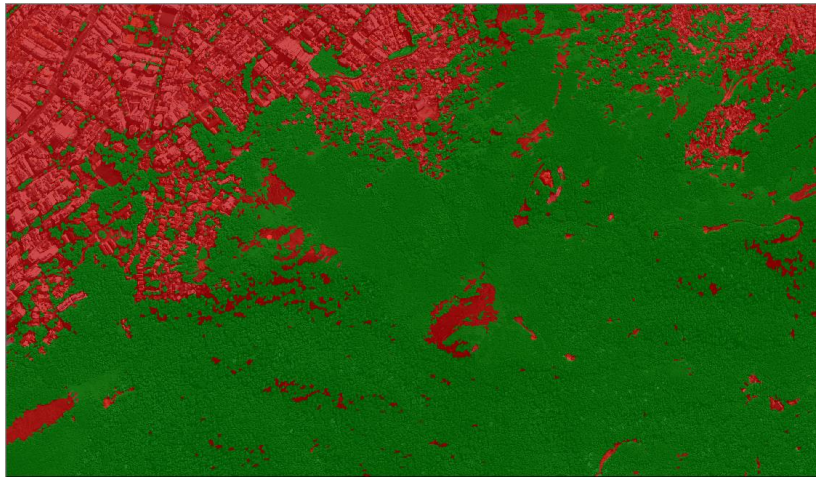


Figura 29: Resultados da primeira diferenciação entre Vegetação e Não Vegetação.

6.2.1.

O desenvolvimento do modelo atrelado às classes de “Não Vegetação”

A construção do modelo voltado para o atendimento das classes associadas a “Não Vegetação” foi orientada inicialmente a partir da união de todos os objetos associados à esta classe. Desta maneira, pôde-se estabelecer a classificação nesta área a partir dos dois níveis distintos (Nível 2 e Nível 3). Isto porque, conforme já discutido ao longo do trabalho, a análise proposta de modelagem trabalha com o inter-relacionamento dos níveis elaborados. Ao elaborar dois níveis de segmentação distintos, os super-objetos podem se relacionar diretamente com os sub-objetos e vice-versa, aumentando ainda mais as possibilidades de relacionamento entre as múltiplas dimensões do espaço (Tabela)

Tabela 6: Parâmetros de Segmentação adotados para os Níveis 2 e 3 da Classificação Semi-Automática.

Parâmetro	Valor – Nível 2	Valor – Nível 3
Escala	200	20
Cor	0.7	0.7
Forma	0.3	0.3
Compacidade	0.5	0.5
Suavidade	0.5	0.5
Peso das bandas (B1, B2, B3, B4)	1,1,1,1	1,1,1,1

O primeiro esforço consiste na tentativa de delimitação e identificação das áreas urbanas da área de interesse. Desta maneira, a primeira ação elaborada sobre as áreas consideradas como “Não Vegetação” ocorreu com o intuito de se escrutinizar os alvos associados aos telhados brilhantes (ou seja, aqueles identificados como telhados de amianto, cimento claro, alumínio, entre outros) assim como a identificação de telhados de cerâmica (sejam eles claros e escuros). Este primeiro levantamento contribui diretamente para a definição daquilo que se entende por área edificada, e consequentemente passível de ser definida como área urbana. A identificação destas classes foram elaboradas para o Nível 3.

Neste sentido, conforme apresentado por Pinho (2008), o atributo que conflui diretamente para o auxílio na diferenciação e identificação dos telhados brilhantes é o atributo que representa média aritmética do valor médio dos pixels de cada banda de um segmento, ou seja, a característica referente ao ‘Brilho’ com o limiar acima de 170 (Quadro 2 – Anexo I). Já para a identificação dos objetos associados à solo exposto e aos telhados de cerâmica, utilizou-se a como atributo, a divisão da média da Banda 3 pela divisão da média da Banda 1 e seu limiar menor do que 0.9 (Quadro 3 – Anexo I).

Tendo sido elaborados estas classes de apoio para a definição e identificação daquilo que estava associado à área urbana, definiu-se que todos os objetos referentes ao nível de segmentação 200 (Nível 2) detentores de 2 ou mais objetos referentes a telhados brilhantes (no nível de segmentação 20, ou seja,

Nível 3) seriam considerados como área urbana. É exatamente neste sentido, que os objetos escrutinizados no nível inferior (Nível 3), puderam ser retransmitidos à polígonos de nível superior (Nível 2).

Entretanto algumas destas áreas não foram representadas como “área urbana” devido a uma existência nula ou de apenas 1 (um) objeto da classe Telhado Brilhante dentro do polígono do nível de segmentação 200. Para resolver esta questão, estipulou-se através da contextualização destes polígonos que, os objetos que não foram detectados como “Área urbana” e que possuem um contato de borda superior à 20% com polígonos já identificados como “Não Vegetação” seriam associados a esta classe (Figura).

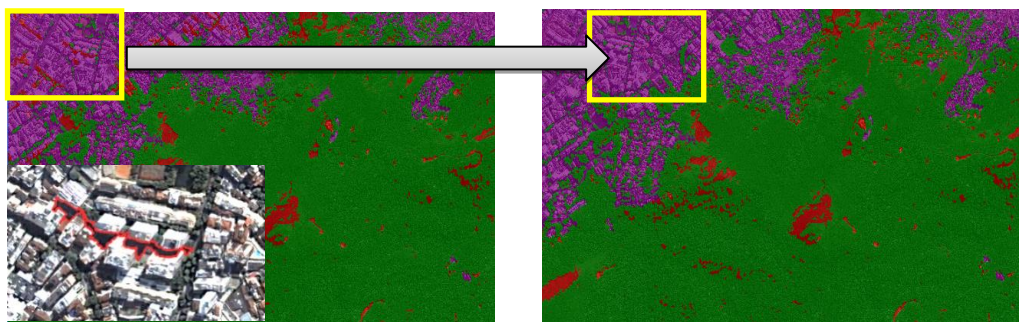


Figura 30: Etapa de adequação das áreas que não havia, em um primeiro momento, sido rotulados como área urbana devido a inexistência de “Telhados Brilhantes” no nível inferior.

Conforme explicado a partir da chave de classificação, após a identificação das áreas urbanas, torna-se necessário a qualificação destas áreas a partir dos diferentes usos existentes. Na área de interesse em questão, percebe-se a identificação de alguns padrões de uso diferenciados (refletidos também na própria estrutura e composição dos elementos que caracterizam os mesmos). Neste sentido, a infraestrutura urbana existente no local, a morfologia das unidades prediais e até mesmo o material utilizado para a construção da edificação/telhado das edificações, convergem para a indicação de usos diferenciados.

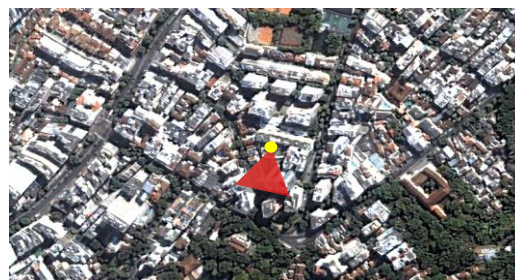
Ao analisarmos a imagem e estabelecermos uma identificação visual em campo, percebe-se claramente a existência destes padrões (conforme demonstrado na Figura).



Coordenada X: 681097 / Coordenada Y: 7462810



Coordenada X: 681830 / Coordenada Y: 7463258



Coordenada X: 680961 / Coordenada Y: 7463134

Figura 31: Identificação de múltiplos padrões de ocupação na área de interesse.

Desta maneira, com a existência de um arquivo temático de primeira diferenciação nos usos urbano, buscou-se estabelecer a distinção entre as áreas urbanas consolidadas e as áreas urbanas não consolidadas (referentes fundamentalmente às áreas de favelas).

Assim sendo, em um primeiro momento toda a Área Urbana identificada na etapa anterior, foi aglutinada e posteriormente segmentada através do “operador de segmentação” *Chessboard* no Nível 2 (Quadro 5 – Anexo I) utilizando no processo o plano de informação temático dos setores subnormais poder identificar as áreas referentes à “Área Urbana Não Consolidada”. Assim, estipulou-se que todos os objetos que possuísem uma relação espacial direta com o layer temático de setores censitários subnormais e que possuísem pelo menos a existência de um sub-objeto referente a “Telhados Brilhantes” (que anteriormente já havia sido utilizado para indicar a existência de edificações no Nível 3), seriam rotulados como “Área Urbana Não Consolidada”. Da mesma maneira, todos os objetos rotulados como “Não Vegetação” no Nível 2, mas que possuísem esse mesmo tipo de relacionamento, seriam rotulados como “Área Urbana Não Consolidada”.

Além disto, ainda foi elaborada uma nova regra de que todos os polígonos associados à classe “Não Vegetação” nas proximidades das áreas rotuladas como “Áreas Urbanas Não Consolidadas” (30 metros), seriam também rotuladas como “Área Urbana Não Consolidada” devido ao uso intensivo do espaço ao redor destas áreas.

Com o intuito de que se identificar os polígonos referentes às “Áreas Urbanas Consolidadas” no Nível 3 (Quadro 6 – Anexo I), elaborou-se nova aglutinação dos polígonos e todos os objetos que possuísem uma área superior à 50.000 m² seriam classificados como tal. Desta maneira, a classe “Área Urbana Consolidada” foi segmentada uma vez mais (no Nível 3). Devido a existência de alguns polígonos que não foram classificados como “Área Urbana Consolidada”, mas devido ao seu prolongamento referente às áreas urbanas, definiu-se que os polígonos rotulados como Área Urbana e que possuísem uma borda acima de 0.1 (10%) de Área Urbana Não Consolidada, seria definido como “Área Urbana Não Consolidada”. Após o procedimento, outros polígonos de Área Urbana próximo

até 100 metros de Área Urbana Consolidada, tornam-se Área Urbana Consolidada.

Apesar destes procedimentos, os polígonos que estavam rotulados como “Áreas Urbanas” e que não se adequaram aos parâmetros utilizados para a distinção entre Área Urbana Consolidada e Área Urbana Não Consolidada, foram, reclassificados como “Não Vegetação”.

Por fim, após a aglutinação de todos os polígonos que compõe a classe “Área Urbana Consolidada”, uma vez mais a classe (No Nível 2) foi segmentada para posterior escrutinização de suas subclasses. Neste sentido, foi utilizado o operador de segmentação *Chessboard* com os parâmetros apontados no Quadro 6 do Anexo I. Desta maneira, O resultado da operação pode ser visualizado na Figura .

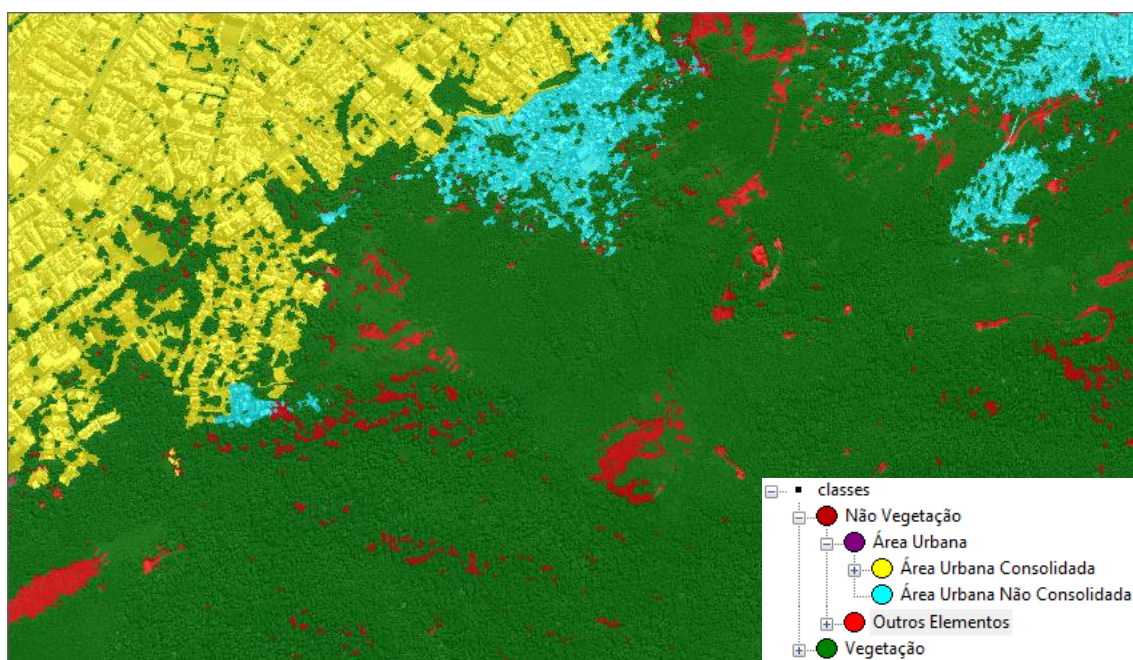


Figura 32: Resultado da operação que resultou na separação entre "Área Urbana Consolidada" e "Área Urbana Não Consolidada".

Conforme apontado anteriormente, elaborada a separação entre aquilo que se descreve como “Área Urbana Consolidada e Área Urbana Não Consolidada” no Nível 2, objetivou-se a diferenciação de dois usos específicos destas áreas consideradas consolidadas, sendo elas: “Uso de Estrutura Predial” e “Uso de Estrutura Residencial”.

Para isto, realizou-se a criação de um novo nível de segmentação abaixo de todos os níveis até então criados com a função de fornecer informações sobre a classificação para os níveis superiores (Nível 2 e 3). Este novo nível temporário foi nomeado como “Nível 4” conforme apresentado na Tabela .

Tabela 7: Parâmetros de Segmentação adotados para o Nível 4 da Classificação Automática.

Parâmetros	Valor – Nível 4
Tamanho dos Objetos	1 m ²
Layer Temático	Sim – Setores Censitários

Estipulou-se então que a diferenciação destas duas classes seria possível através da percepção de variáveis existentes em relação aos setores censitário do ano de 2010. Verificou-se que duas variáveis poderiam confluir diretamente para a distinção entre o uso predial e o uso residencial, sendo elas a distinção entre os Domicílios particulares permanentes do tipo casa ou do tipo apartamento. De acordo com o IBGE (2011, p. 28):

“*Casa* – quando localizado em uma edificação de um ou mais pavimentos, desde que ocupada integralmente por um único domicílio, com acesso direto a um logradouro (arruamento, vila, avenida, caminho, etc.), legalizado ou não, independentemente do material utilizado em sua construção; (...) *Apartamento* - quando localizado em edifício: de um ou mais andares, com mais de um domicílio, servidos por espaços comuns (*hall* de entrada, escadas, corredores, portaria ou outras dependências); de dois ou mais andares em que as demais unidades eram não residenciais; e de dois ou mais pavimentos com entradas independentes para os andares;”

Assim, criou-se uma regra de classificação que apresentaria que todos os pixels que estivessem relacionados, no nível de segmentação rotulado como “Nível 4” à setores com um percentual superior a 10% de casas do total de domicílios do setor e aqueles que possuísem um percentual inferior a 85% de apartamentos do total de domicílios do setor seriam rotulados como “Uso de Estrutura Residencial” (Quadro 7 do Anexo I). Todos os outros pixels relacionados aos setores com outras características (Quadro 8 do Anexo I) seriam enquadrados em Uso de Estrutura Predial (tendo em vista que possuiriam uma relação ínfima entre os domicílios do tipo casa, representando menos do que 10%, ou ainda, uma predominância muito representativa em relação aos domicílios do

tipo apartamento). Feito isto, a classificação estabelecida no nível “Nível 4” foi retransmitida para o nível superior “Nível 2”.

Após este procedimento, no “Nível 2”, foram aglutinados e segmentados todos os polígonos rotulados como “Área Urbana Consolidada”, e os mesmos foram reclassificados como “Área Urbana Consolidada”.

Por fim, como última etapa, as classes “Área Urbana não Consolidada”, “Uso de Estrutura Residencial” e “Uso de Estrutura Predial” foram retransmitidas do “Nível 2” para o “Nível 3”, resultando no que pode ser visualizado na Figura .

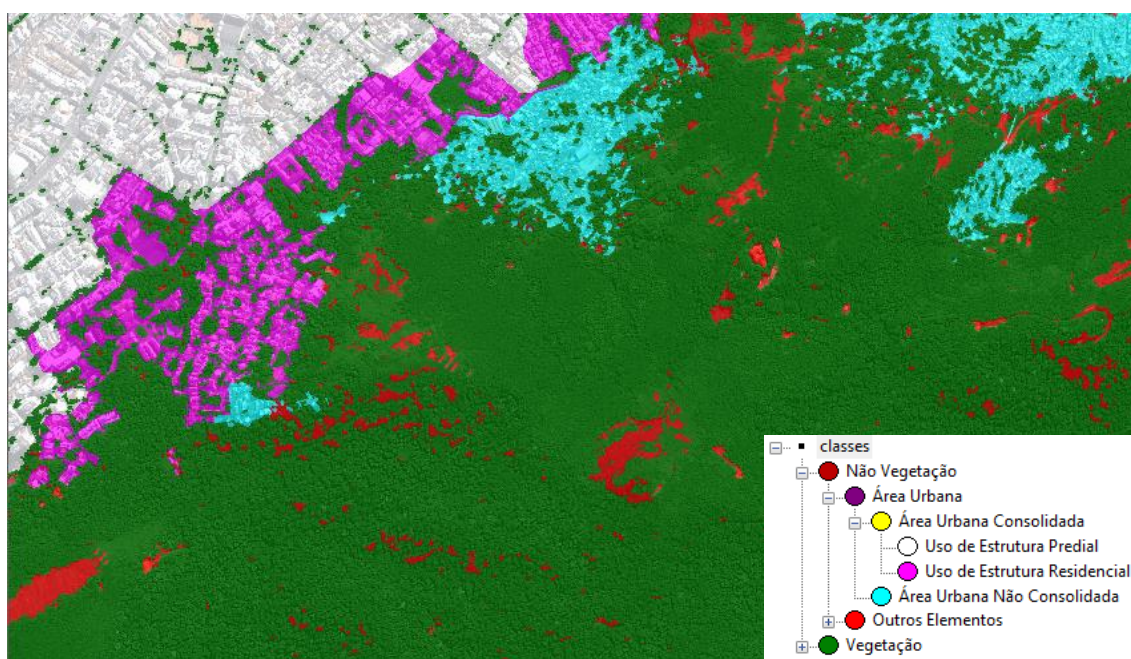


Figura 33: Resultado da operação que resultou na separação entre “Uso de Estrutura Predial” e “Uso de Estrutura Residencial”.

Tendo sido elaborada a separação das classes referentes ao uso urbano, estipulou-se uma série de ações visando a escrutinização dos outros elementos associados aos objetos rotulados como “Não Vegetação” no “Nível 3” (Quadro 9 ao 14 do Anexo I). Neste sentido, o primeiro objetivo consistiu em discriminar a classe Sombra do restante dos outros objetos gerados. Este procedimento foi realizado ao utilizar o atributo Brilho com o limiar inferior a 92 a partir do Nível 3 de segmentação (Quadro 9 do Anexo I).

Os polígonos anteriormente classificados como “Telhados Brilhantes” (Quadro 9 no Anexo I), foram uma vez mais fusionados com a classe “Não

Vegetação” para que se tornasse possível definir as demais classes de interesse. A primeira delas está relacionada a tentativa do estabelecimento da classe referente às “Torres de Transmissão”. As regras associadas à esta classe estão associadas ao Brilho acima do limiar 124, assim como estarem interceptadas pelas linhas vetorizadas preteritamente a partir do software ArcGis (Figura).

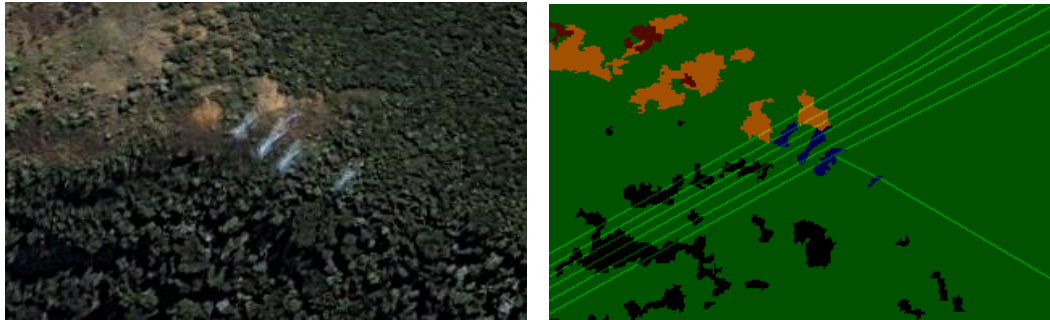


Figura 34: Identificação das torres de transmissão na área de interesse e respectivo resultado de suas detecções a partir da utilização do plano de informação temático de linhas de transmissão.

Para a classificação do Afloramento Rochoso (Quadro 10 do Anexo I), uma vez mais se buscou o apoio de informações geográficas associadas à paisagem. Para tal, utilizou-se um Modelo Digital de Triangulação (elaborado a partir do uso das curvas de nível fornecidas pelo Instituto Pereira Passos no software ArcGis). Este modelo foi transformado em ambiente matricial e suas células passaram a possuir informações referentes à declividade do terreno. Desta maneira, a partir de informações levantadas em campo e confronto da imagem de satélite com a geomorfologia local, estipulou-se através da função de Média de Banda (*Raster* inserido) que todos os pixels com valores em relação à declividade superior a 30° e que possuíssem um limiar entre 0.8 e 1.05 em relação à divisão da Banda Infravermelho pela Banda Vermelho (como já discutido anteriormente), estariam relacionados à classe de Afloramento Rochoso.

Outro procedimento realizado está diretamente associado à classe “Estradas” (Quadro 11 do Anexo I). Para definir os objetos relacionados a esta classe uma vez mais se fez utilizar da utilização de informações vetoriais inseridas no modelo. Para a detecção desta classe, apenas os objetos ainda associados à classe “Não Vegetação” que ainda restavam foram classificados quando os mesmos encontravam-se em conflito com a informação vetorial de estradas. É

importante destacar que esta classe está diretamente associada às áreas não urbanas.

Conforme apontado anteriormente, uma tipologia de objetos que se faz presente de maneira marcante na imagem adotada para a elaboração da classificação, é a existência de edificações isoladas (Quadro 12 do Anexo I). Estas edificações, por não se inserirem no contexto de contiguidade espacial urbana, acabam por se destacar como pequenas feições encrustadas próximas a feições arbóreas em muitos casos. Para a detecção destes objetos adotou-se o limiar acima de 130 do atributo “Brilho” uma vez mais. Isto ocorreu devido à existência de materiais bastante brilhosos (amianto, alumínio e cimento claro) nos seus topos.

É importante destacar que nesta etapa, todos os polígonos que não possuíam qualquer classificação (ainda se encontrando rotulados como “Não Vegetação”), e que estivessem a menos de 50 metros das “Áreas Urbanas Não Consolidadas”, seriam classificadas como tal. Os demais polígonos que ainda não se encontrassem classificados, seriam definidos como “Vegetação”.

Antes de, finalizar a modelagem aos polígonos de “Não Vegetação” torna-se importante apresentar a metodologia utilizada para a construção e separação dos polígonos rotulados como “Telhados de Cerâmica e Solo Exposto”. Neste sentido, a primeira observação é a de que as “edificações isoladas” não podem ser rotuladas apenas como aquelas com telhados brilhantes. Conforme dito anteriormente, em um primeiro momento era percebido uma grande confusão entre os objetos associados aos telhados de cerâmica e os objetos associados aos solos expostos (em decorrência da confusão espectral associada ao material de origem de ambos, ou seja, barro). Assim sendo, percebeu-se a necessidade de separar estas duas classes nesta etapa com a finalidade de compor as “edificações isoladas” a partir da identificação dos objetos associados aos telhados de cerâmica. Para isto, adotou-se como parâmetro de classificação o atributo “Compacidade”. Ora, os solos expostos, por estarem associados à processos naturais de formação, normalmente possuem uma forma muito menos compacta, do que edificações. Desta maneira, a classe “Solo Exposto e Telhados de Cerâmica” foram fusionadas e em seguidas desconectadas para que se pudesse gerar, em relação aos objetos existentes o cálculo baseado no atributo

Compacidade. Para a detecção desta classe, identificaram-se os objetos com limiar entre 1.5 e 1.675. Entretanto, só foram considerados objetos acima de 100 metros quadrados para a realização desta operação. Devido ao tamanho das casas a serem identificadas. Todos os outros polígonos foram rotulados como “Solo Exposto”.

Com os procedimentos acima adotados e discutidos, podem ser visualizados a partir da Figura os resultados referentes à macro classe “Não Vegetação”.

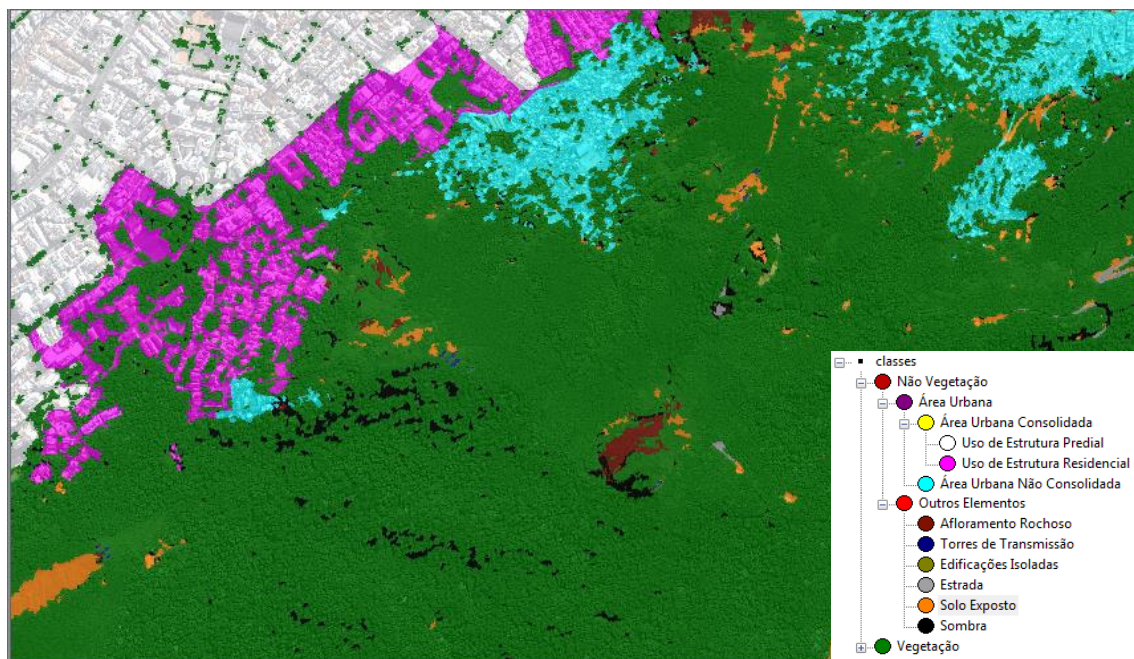


Figura 35: Resultado da operação que resultou na escrutinização das classes "Afloramento Rochoso", "Torres de Transmissão", "Edificações Isoladas", "Estradas", "Solo Exposto" e "Sombra".

6.2.2. O desenvolvimento do modelo atrelado às classes de “Vegetação”

Após esta etapa de identificação dos objetos rotulados como “Vegetação”, definiu-se a necessidade de se estabelecer a diferenciação entre as suas subclasses. Assim, a partir da definição anteriormente discutida daquilo que se percebeu como “Vegetação” e “Não Vegetação” tornou-se possível inicializar a contextualização espacial dos objetos geográficos a partir dos usos dados à própria vegetação. Optou-se inicialmente por escrutinizar a Vegetação Urbana

(Quadro 15 do Anexo I) em relação à Vegetação Não Urbana (Quadro 16 do Anexo I).

Antes mesmo, entretanto de se elaborar tal diferenciação, todos os objetos rotulados como “Vegetação” foram aglutinados em um único polígono (ou seja, independentemente da sua continuidade espacial ou não) e logo em seguida foram separados os polígonos que não eram contínuos entre si. Isto porque a primeira regra que converge para a diferenciação da “Vegetação Urbana” e “Vegetação Não Urbana” é justamente o contexto espacial associado à estas classes. Desta maneira, tornou-se possível estabelecer através de uma relação espacial entre os objetos de vegetação e os objetos associados a área urbana. Assim, todos os polígonos de vegetação que possuísem uma relação de borda direta mínima de 60% com polígonos associados à “Área Urbana”, acabaram sendo rotulados como Vegetação Urbana. Necessariamente, todos os objetos relacionados à “Vegetação” que não obedeciam a esta regra, por sua vez, foram rotulados como “Vegetação Não Urbana” (Figura).

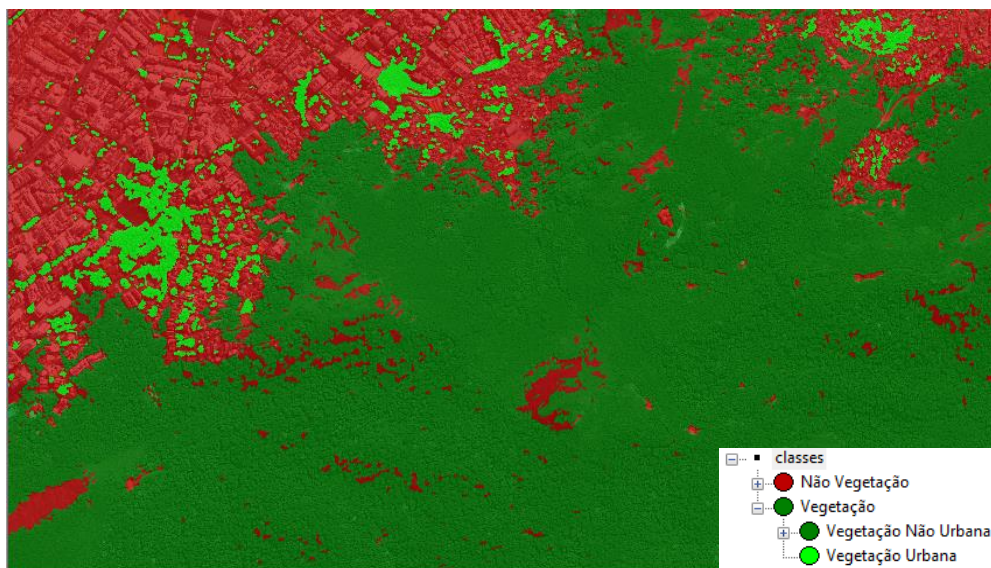


Figura 36: Resultado da operação que resultou na escrutinização das classes "Afloramento Rochoso", "Torres de Transmissão", "Edificações Isoladas", "Estradas", "Solo Exposto" e "Sombra".

Posteriormente a esta etapa, priorizou-se a distinção entre a classe “Vegetação Arbórea-arbustiva” (Quadro 18 do Anexo I) e a classe “Vegetação do tipo gramínea” (Quadro 17 do Anexo I), ambas associadas à classe “Vegetação Não Urbana”. Para isto, segmentou-se uma vez mais a classe “Vegetação”.

Desta maneira, para a distinção entre as duas classes supracitadas, uma vez mais, utilizou-se o Índice de Proporção Simples (divisão da Banda infravermelha pela Banda Vermelha, aqui chamada de B4 e B1 respectivamente). Apesar disto, a utilização deste atributo não se deu de maneira isolada. Para contribuir para a separação entre estas classes optou-se por também apresentar a característica de “Brilho”, tendo em vista que devido a sua coloração mais clara, a vegetação de gramínea possui um valor de refletância bastante alto quando comparado à “Vegetação do Tipo Arbórea”. Desta maneira, o limiar adotado para a identificação da “Vegetação do Tipo Gramínea” passou a utilizar o limiar da B4/B1 abaixo de 1.46 e o limiar de Brilho referente acima de 93.

Entretanto, a partir da Figura a, pode-se perceber certo exagero nesta diferenciação, principalmente na área indicada. Para esta finalidade de filtragem dos dados referente a confusão das classes foi adotado o modelo colorimétrico HSI (*Hue / Saturation / Intensity*). É importante destacar que os valores obtidos para o modelo HSI são gerados a partir da utilização das bandas espectrais da imagem adotada. O modelo HSI, na presente etapa foi gerado a partir das bandas 1, 2 e 3 (respectivamente vermelho, verde e azul). Desta maneira, para a diferenciação entre a “Vegetação do tipo Arbórea” e a “Vegetação do Tipo Gramínea” foi elaborada a partir da informação de Cor (Hue) do modelo HSI, adotando-se os limiares acima de 0.4. Ou seja, todos os objetos referentes à classe “Vegetação Não Urbana” que possuísem o valor acima deste limiar seriam rotulados como “Vegetação do Tipo Arbórea”, enquanto os objetos abaixo deste limiar seriam considerados “Vegetação do Tipo Gramínea”. O resultado da “filtragem” associado à construção desta etapa pode ser verificado na Figura b.

Por fim, para dirimir os erros associados aos polígonos pequenos na área classificada, adotou-se o procedimento de (re)aglutinação da classe “Vegetação do Tipo Gramínea” em um único polígono e em seguida a sua separação para que se obtivessem polígonos espacialmente contínuos. Isto foi realizado com o intuito de se filtrar os resultados com área menor à 400 metros quadrados. Ou seja, a partir do atributo “Área”, todos os objetos inferiores à este valor foram reclassificados como “Vegetação do Tipo Arbórea” (Figura c). Da mesma maneira, todos os outros polígonos que estavam rotulados como “Vegetação Não Urbana” e que não

foram classificados como “Vegetação do Tipo Gramínea”, passaram a ser classificados como “Vegetação do Tipo Arbórea”.

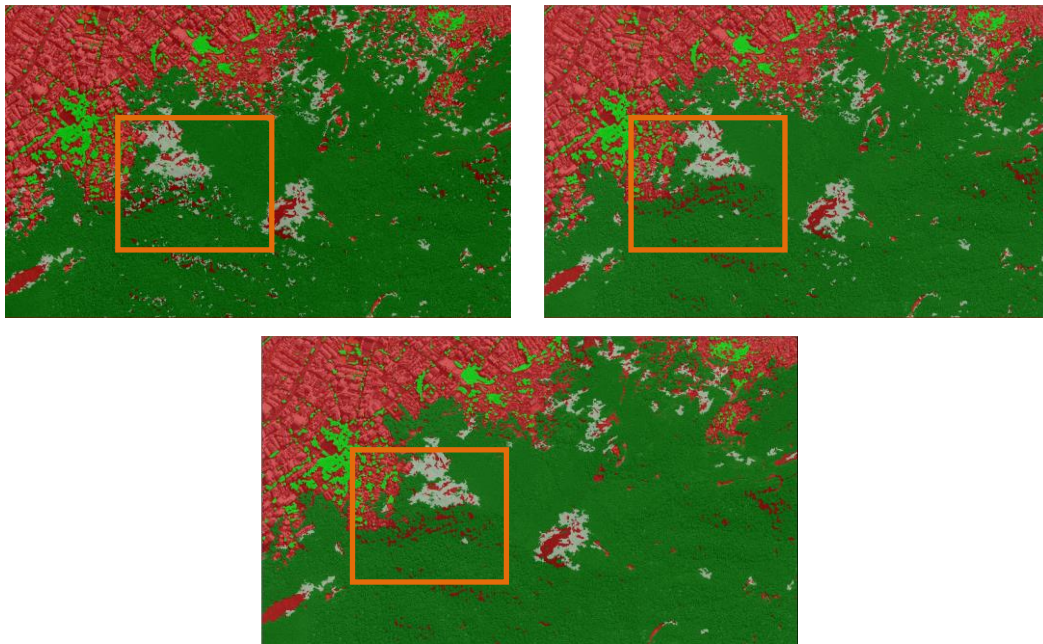


Figura 37: Adequações para a diminuição do exagero associado à classe Vegetação do Tipo Gramínea

- a) representação de exemplo de área onde o exagero foi percebido b) utilização do modelo HSI para correção das feições erroneamente classificadas como “Vegetação do Tipo Gramínea”
- c) adequação da classificação associado ao atributo área para correção das áreas erroneamente classificadas como “Vegetação do Tipo Gramínea”.

A última etapa em relação à construção do modelo está associada diretamente a identificação de uma determinada espécie vegetal: as *Cecropias hololeucas* (Quadro 19 do Anexo I). Neste sentido, uma vez mais se buscou a identificação dos objetos-alvo a partir do modelo colorimétrico HSI. Porém, nesta etapa, diferentemente da anterior, utilizou-se o atributo Intensidade para diferenciar as copas das árvores a serem mapeadas. Todas as feições com o limiar acima de 0.072 foram identificadas como embaúbas. É importante destacar que nesta etapa, a transformação do modelo HSI também utilizou as informações das bandas 1, 2 e 3 (Vermelho, Verde e Azul). Para filtrar os objetos pequenos, estabeleceu-se que só seriam especializadas as árvores com área superior à 25 metros quadrados. O resultado final está representado na Figura .



Figura 38: Representação dos resultados associados ao levantamento de "Indicadores de Degradação - Embaúbas".

Desta maneira, o produto final do modelo de classificação gerado para o ano de 2010 pode ser apresentado na Figura .

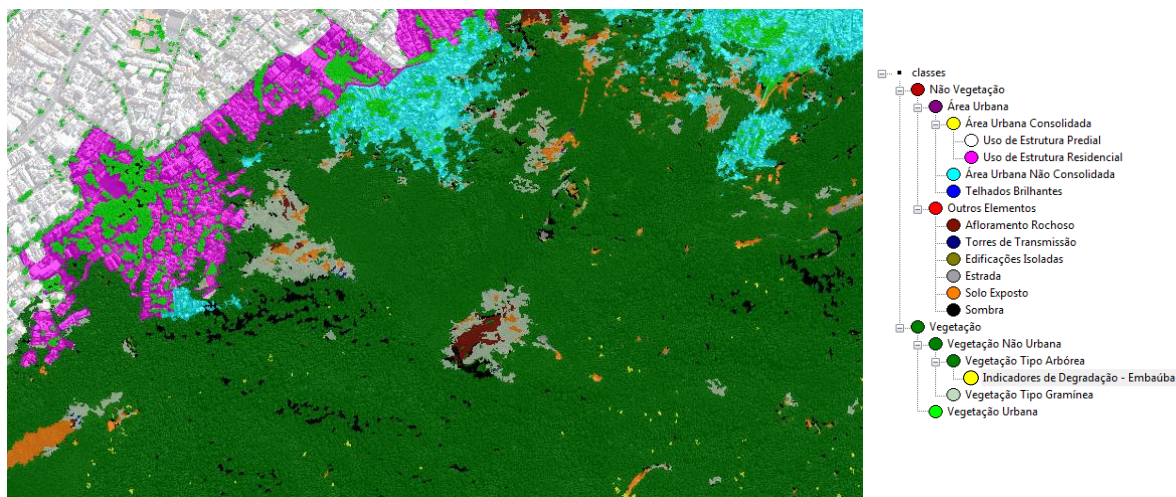


Figura 39: Representação do produto final da classificação automática gerada para o ano de 2010.

Após a elaboração do modelo base, utilizando-se como apoio fundamental a imagem de satélite do ano de 2010, buscou-se a aplicação do mesmo modelo, a partir de uma imagem do ano de 2009, com o objetivo de se verificar a possibilidade de transmissibilidade do conhecimento gerado para a mesma área de interesse em tempos diferenciados. Neste sentido, a aplicação do modelo gerou um resultado bastante próximo da estruturação previamente estabelecida sendo necessária, entretanto, a readequação de dois ajustes associados aos passos.

O primeiro deles está associado à necessidade de readequação de áreas urbanas que não haviam sido definidas como tal. Desta maneira, tornou-se

necessário (Quadro 4 do Anexo I) o incremento ao parâmetro de Borda Relativa dos objetos relacionados à classe “Não Vegetação”. Este incremento esteve associado à elaboração de um “loop” de duas vezes sobre o parâmetro adotado para 2010. O segundo e último ajuste está diretamente associado à classe “Indicadores de Degradação – Embaúba”. A alteração é referente à etapa da definição de que todo polígono classificado como “Vegetação Arbórea” com o modelo HSI baseado em Intensidade a partir de um determinado limiar, fosse identificado como “Indicadores de Degradação – Embaúba”. Ao invés da utilização do limiar 0.72 utilizado no ano de 2010, passou-se, na modelagem de 2009 a se utilizar o limiar de 0.7.

Com os ajustes estabelecidos, a classificação resultante pode ser visualizada para o ano de 2009 na Figura .

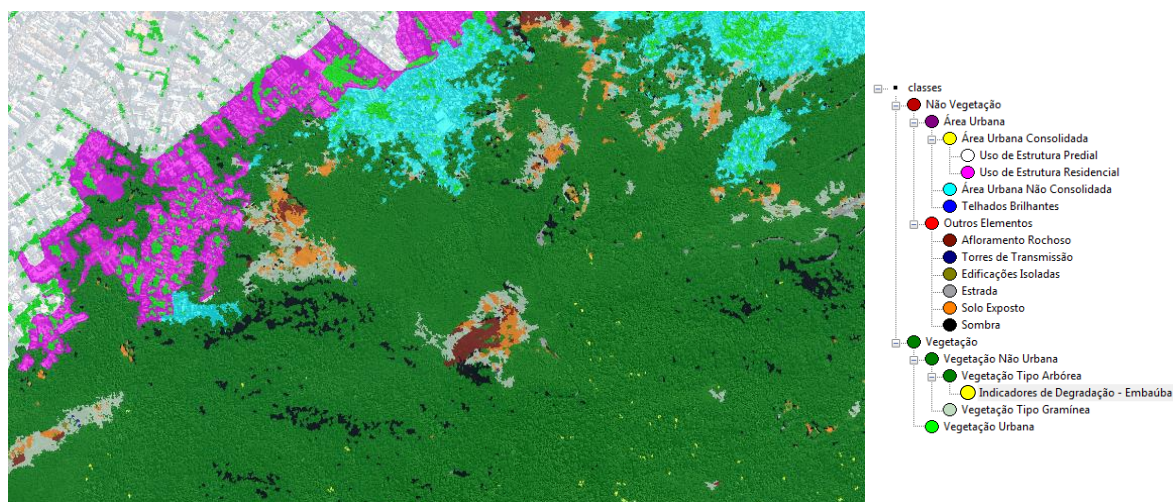


Figura 40: Representação do produto final da classificação automática gerada para o ano de 2009.