

7. Discussões

7.1. Análise quantitativa dos resultados

Como dito anteriormente, após os procedimentos experimentais e o confronto dos resultados referentes à classificação baseada no modelo semiautomático e a verdade de campo (definida a partir da classificação visual dos objetos gerados), torna-se o momento de analisar os resultados desenvolvidos a partir das Matrizes de Confusão geradas. Desta maneira, podem-se perceber os resultados de cada comparação na Tabela 8 e Tabela 9⁴⁹.

⁴⁹ Para melhor facilitar a compreensão da visualização da tabela, conforme já apresentado anteriormente,

Classes do Mapeamento	Vegetação do Tipo Arbórea	Vegetação do Tipo Gramínea	Arborização Urbana	Indicadores de Degradação – Embaúba	Afloramento Rochoso	Torres de Energia	Edificações Isoladas	Solo Exposto	Estradas	Sombra	Área Urbana Não Consolidada	Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial	Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial	Total de Pontos	Erros de Inclusão	Exatidão Global	Coef. Índice Kappa
Vegetação do Tipo Arbórea	424	20	1	4	1	-	4	6	2	13	3	-	-	479	11,27	88,52	
Vegetação do Tipo Gramínea	8	49	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	60	18,33	81,67	
Arborização Urbana	3	-	53	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	61	13,11	86,89	
Indicadores de Degradação – Embaúba	2	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	9,09	90,91	
Afloramento Rochoso	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	14	0,00	100,00	
Torres de Energia	1	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	12	8,33	91,67	
Edificações Isoladas	-	-	-	-	-	-	10	1	-	-	-	-	-	11	9,09	90,91	
Solo Exposto	2	3	-	-	1	-	2	40	2	-	-	-	-	50	20,00	80,00	
Estradas	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	9	0,00	100,00	
Sombra	4	2	-	-	1	-	-	-	3	29	1	-	-	40	27,50	72,50	
Área Urbana Não Consolidada	1	1	3	-	2	1	-	-	-	1	68	2	-	79	13,92	86,08	
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	46	13	63	26,98	73,02	
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	10	86	100	16,28	86,00	
Total de Pontos	445	75	65	24	20	12	16	49	16	44	73	62	96	1000			
Erros de Omissão	4,72	34,67	18,46	16,67	30,00	8,33	37,50	18,37	43,75	34,09	6,85	22,58	13,54			85,9	0,813

Tabela 8: Matriz de Confusão gerada para o ano de 2010 - Levantamento com 1000 amostras.

Classes do Mapeamento	Vegetação do Tipo Arbórea	Vegetação do Tipo Gramínea	Arborização Urbana	Indicadores de Degradação – Embaúba	Afloramento Rochoso	Torres de Energia	Edificações Isoladas	Solo Exposto	Estradas	Sombra	Área Urbana Não Consolidada	Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial	Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial	Total de Pontos	Erros de Inclusão	Exatidão Global	Coef. Índice Kappa
Vegetação do Tipo Arbórea	478	8	-	5	1	-	3	-	2	3	2	1	-	503	4,97	95,03	
Vegetação do Tipo Gramínea	10	47	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	59	20,34	79,66	
Arborização Urbana	-	-	58	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	60	3,33	96,67	
Indicadores de Degradação – Embaúba	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0,00	100,00	
Afloramento Rochoso	-	4	-	-	23	-	-	1	-	-	-	-	-	28	17,86	82,14	
Torres de Energia	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5	0,00	100,00	
Edificações Isoladas	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	10	0,00	100,00	
Solo Exposto	-	13	1	-	1	-	2	24	-	-	-	-	-	41	41,46	58,54	
Estradas	-	-	-	-	-	-	-	-	12	1	-	-	-	13	7,69	92,31	
Sombra	4	-	-	-	1	-	-	-	-	37	4	-	-	42	11,90	88,10	
Área Urbana Não Consolidada	4	1	8	-	-	-	-	4	-	1	61	1	-	80	23,75	76,25	
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial	3	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	42	10	65	32,31	64,62	
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	5	75	87	13,79	86,21	
Total de Pontos	501	73	82	12	27	5	15	29	14	43	68	50	85	1000			
Erros de Omissão	4,19	35,62	29,27	41,67	14,81	0,00	33,33	17,24	14,29	13,95	10,29	16,00	11,76		87,9	83	

Tabela 9: Matriz de Confusão gerada para o ano de 2009 - Levantamento com 1000 amostras.

Ao se analisar, primeiramente a Matriz de Confusão que apresenta o ano de 2010 (Tabela), o primeiro resultado a ser apontado é o Índice associado à Exatidão Global. A Exatidão Global da classificação pode ser calculada pela soma de todas os pontos coletados que, quando confrontados, possuíram a mesma classe tanto na verdade terrestre, quanto na classificação semiautomática, sendo representado pela soma da diagonal da Matriz. Desta maneira, pode-se estabelecer o percentual exato de quantas amostras foram compatíveis entre ambas as classificações.

Assim, do total dos 1000 pontos avaliados, 859 deles apresentam convergência para a Classificação Visual e a Classificação baseada no Modelo gerado. Entretanto, este número se torna bastante inflado pelos resultados associados à classe “Vegetação do Tipo Arbórea”, que contribuiu diretamente para 424 resultados correlatos entre ambas as classificações. Entretanto é interessante notar o fato de que quando comparamos estes resultados com a Matriz de Confusão do ano de 2009, sobre a qual o modelo foi aplicado, obteve-se um resultado de exatidão global ainda maior, totalizando 879 dos pontos. Devido a predominância das áreas vegetadas em grande parte da área escolhida para a realização dos testes, uma vez mais a classe “Vegetação do Tipo Arbórea” se sobressaiu com um total de 478 resultados positivos de um universo.

Desta maneira, e conforme apresentado em uma seção anterior do presente trabalho, torna-se importante também a discussão referente aos resultados a partir do Índice Kappa. Assim, adotando-se por parâmetros do Índice Kappa apontados por Fonseca (2000, apud Figueiredo & Vieira, 2007) e apresentados na Tabela , pode-se perceber que os produtos desenvolvidos com a Classificação Semi-Automática para ambos os anos foi satisfatório.

Tabela 10: Desempenho associado ao índice Kappa

Índice Kappa	Desempenho associado ao Índice
< 0	Péssimo
$0 < K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < K \leq 1$	Excelente

Partindo-se dos resultados levantados (tanto em relação à Exatidão Global, quanto a partir do Índice Kappa), pode-se concluir que o produto final da classificação semi-automática foi bastante proveitoso. Com a indicação de índices superiores à 80%, pode-se pensar que a utilização do modelo construído (para as classes que foram apresentadas e descritas) significa uma necessidade de retrabalho inferior à 1/5 do tempo despendido para a classificação manual, sendo necessária a edição dos polígonos em apenas 20% da área estudada. Se estabelecermos que cada classificação visual levou aproximadamente 120 horas para ser elaborada, com os resultados levantados, obter-se-ia um retrabalho de aproximadamente 24 horas para que se fizessem ajustes a partir dos resultados elaborados.

Mesmo se optarmos por remover da Matriz de Confusão os valores referentes à classificação associada à classe “Vegetação do Tipo Arbórea), obter-se-ia um resultado de Exatidão Global de 83,49% para a Classificação de 2010 e 80,6% para a Classificação de 2009. Apesar dos resultados apontados, algumas críticas podem, inclusive, ser dirigidas à metodologia de coleta de amostras. O estabelecimento de uma nuvem de pontos randômicos, independentemente do número levantado de pontos (associados tanto à área classificada, quanto ao número de classes definido) acaba por contribuir diretamente para a incursão de alguns pormenores que podem deturpar a análise elaborada.

Uma primeira questão está associada diretamente ao levantamento de um baixo número de alvos associados a algumas das classes existentes. Esta baixa representatividade da classe no que diz respeito às amostras, muitas das vezes,

está diretamente atrelada à baixa representatividade espacial dos mesmos na área estudada. Neste sentido, as classes Estrada, “Indicadores de Degradação – Embaúba” e “Torres de Transmissão”, que possuíram baixa representatividade, podem estar superestimadas ou subestimadas, apesar de um ótimo índice de acurácia entre os resultados gerados e a verdade de campo.

Com o intuito de contribuir para uma análise dos resultados mais completa, geraram-se mais duas planilhas apresentando a área levantada em relação à cada classificação elaborada (visual e automática). Apesar dos dados contidos nas Tabela e Tabela não propiciarem uma comparação espacial (em relação ao confronto das classificações), eles nos permitem avaliar o comportamento das classes em momentos diferenciados. Um destes exemplos pode ser perceptível a partir da comparação da classe Sombra nos dois momentos. Como já destacado, a diferenciação temporal e de características das imagens pode contribuir diretamente para a relação da maior detecção da Sombra para o ano de 2010 em comparação com o ano de 2009.

Tabela 11: Área classificada no ano de 2010 – Classificação Visual e Classificação Automática

2010 - Area (m²)				
Classes do Mapeamento	Classificação Visual	Classificação Automática	Relação ao Total	
			Classificação Visual	Classificação Automática
Vegetação do Tipo Arbórea	2.488.845	2.491.466	65,90	65,97
Vegetação do Tipo Gramínea	136.590	132.642	3,62	3,51
Arborização Urbana	181.335	148.547	4,80	3,93
Indicadores de Degradação – Embaúba	7.110	5.440	0,19	0,14
Afloramento Rochoso	24.032	16.162	0,64	0,43
Torres de Energia	1.593	1.490	0,04	0,04
Edificações Isoladas	8.165	4.261	0,22	0,11
Solo Exposto	47.136	50.324	1,25	1,33
Estradas	9.112	39.84	0,24	0,11

Sombra	52.050	68.530	1,38	1,81
Área Urbana Não Consolidada	212.615	215.312	5,63	5,70
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial	221.640	248.330	5,87	6,58
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial	386.470	390.201	10,23	10,33
Total de Pontos	3.776.689	3.776.689		

Tabela 12: Área classificada no ano de 2009 - Classificação Visual e Classificação Automática.

2009 - Area (m²)				
Classes do Mapeamento	Classificação Visual	Classificação Automática	Relação ao Total Classificação Visual	Relação ao Total Classificação Automática
Vegetação do Tipo Arbórea	2.540.419	2.467.314	67,27	65,33
Vegetação do Tipo Gramínea	129.704	134812	3,43	3,57
Arborização Urbana	184.569	119.075	4,89	3,15
Indicadores de Degradação – Embaúba	6.528	2942	0,17	0,08
Afloramento Rochoso	22.745	23.102	0,60	0,61
Torres de Energia	928	1370	0,02	0,04
Edificações Isoladas	7.280	8512	0,19	0,23
Solo Exposto	24.795	50644	0,66	1,34
Estradas	7.023	5743	0,19	0,15
Sombra	80.946	81.083	2,14	2,15
Área Urbana Não Consolidada	197.941	237.326	5,24	6,28
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Residencial	210.410	256.165	5,57	6,78
Área Urbana Consolidada - Uso de Estrutura Predial	363.422	388601	9,62	10,29
Total de Pontos	3.776.689	3.776.689		

7.2. Análise qualitativa dos resultados

Além dos resultados quantitativos apresentados (provenientes da matriz de confusão, assim como da tabela referente às áreas classificadas) torna-se fundamental aliá-los à alguns resultados qualitativos percebidos ao longo de todo o processo de classificação automática. Ou seja, torna-se extremamente importante discutir alguns aspectos associados à opções e à regras de classificação embutidas no modelo para entender as opções e etapas associadas ao mesmo. Com o intuito de organizar as discussões, optou-se por se subdividir as mesmas a partir de temas associados às próprias classes.

7.2.1. Vegetação

Neste sentido, optou-se por discutir primeiramente os parâmetros associados à classe “Vegetação do Tipo Arbórea”. Em relação a esta classe, a partir da seleção de amostras na área teste, foi possível verificar, através do software *Ecognition*, a importância do confronto da resposta dos atributos baseados na Divisão da Banda Infravermelha pela Banda Vermelha e do NDVI.

De acordo com Jensen (2007)

“A equação do NDVI produz valores que variam de -1,0 a 1,0, em que os valores positivos crescentes indicam aumento de vegetação verde, enquanto valores negativos indicam superfícies sem vegetação como água, solo exposto e neve ou nuvens. (...) O NDVI e outros índices de vegetação têm sido usados amplamente com dados do AVHRR para monitorar a vegetação natural e as condições de culturas agrícolas, para identificar desmatamento nos trópicos e para monitorar áreas de desertificação e secas.”

Já em relação a Divisão da Banda Infravermelha pela Banda Vermelha o mesmo autor (2007) afirma que “este atributo realça as áreas com vegetação devido ao fato destas áreas terem o comportamento espectral de alta absorção na banda 1 (banda do vermelho) e alta reflexão na banda 4 (banda do infravermelho-próximo)”.

Ao se confrontar os resultados dos dois atributos em relação à área de interesse como um todo é claramente percebido que, o atributo “NDVI”, gerou uma confusão espectral entre as classes “Vegetação” e “Não Vegetação”.

Entretanto, obtém-se um resultado bastante diferenciado quando se utiliza a divisão da banda infravermelha pela banda vermelha, como exposto na Figura (representando graficamente a resposta dos dois atributos, assim como a visualização em tonalidades de cinza da resposta dos segmentos em relação aos atributos).

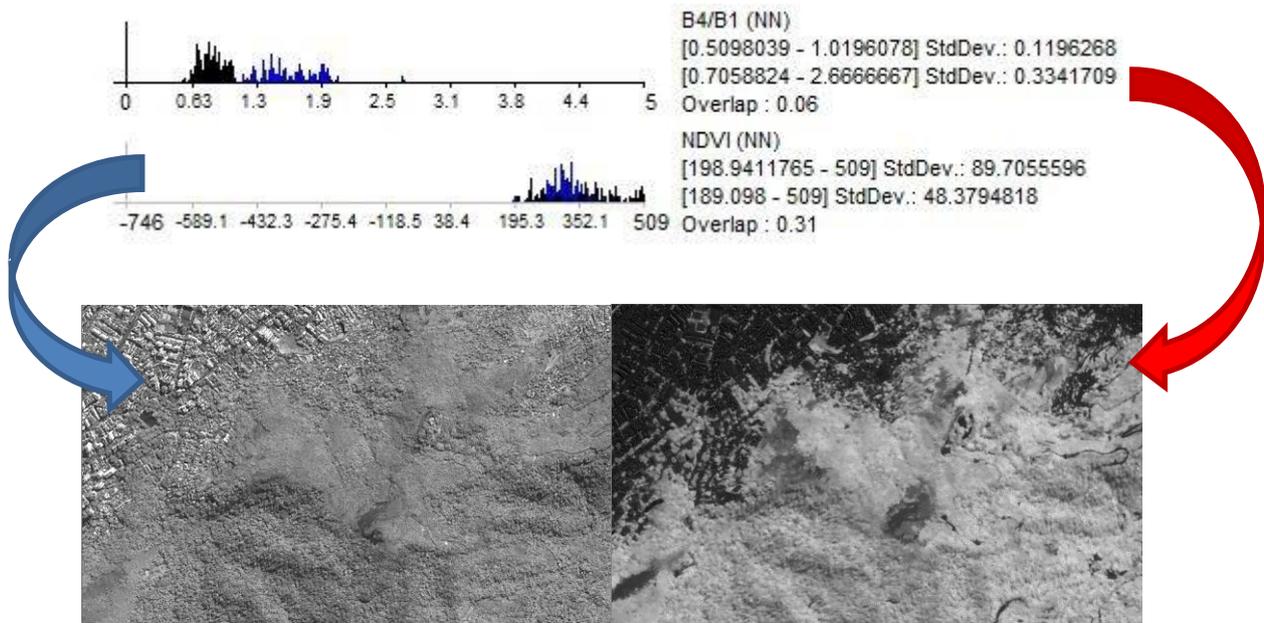


Figura 41: Visualização do comportamento em tons de cinza dos atributos oriundos do “NDVI” para os segmentos obtidos no processo de segmentação, assim como dos atributos oriundos da “Divisão da média da banda 4 pela média da banda 3”.

Desta maneira, percebeu-se uma melhor resposta da utilização do atributo “B4/B1” em relação ao “NDVI”, sendo o primeiro definido para o modelo em questão em contraposição ao segundo. Rego (2012), em seu trabalho sobre o desenvolvimento de metodologias para o monitoramento florestal atlântico inclusive apresenta a eficiência deste atributo na separação entre aquilo que pode ser rotulado como “Vegetação” e “Não Vegetação”.

Associados ainda à questões da Vegetação, torna-se importante o entendimento dos parâmetros definidos para o levantamento da classe de “Vegetação do Tipo Gramínea” em contraposição à classe “Vegetação do Tipo Arbórea”. Apesar da tentativa de se utilizar atributos relacionados à textura dos objetos, os resultados no modelo contribuíam para observações que não

condiziam com a realidade local. Foram testados inclusive atributos associados aos tons de cinza para o estabelecimento da textura (GLDV).

Neste sentido, confirme já apresentado ao longo do capítulo referente à metodologia aplicada, utilizaram-se atributos referentes à Divisão da Banda Infravermelha pela Banda Vermelha, assim como informações referentes ao Brilho dos objetos (já que a vegetação do tipo gramínea possui características de brilho mais elevados do que a vegetação arbórea devido à sua própria coloração). Apesar de tudo, a partir da aplicação dos limiares dos atributos supracitados, percebeu-se certo exagero no resultado da classe “Vegetação do tipo gramínea”. Este exagero, tendo-se por base a observação qualitativa dos resultados gerados, foi interpretado como sendo proveniente direto do comportamento espectral dos objetos associados à morfologia do relevo. Ou seja, a partir do momento em que se tem um relevo movimentado, as características da imagem (atreladas a data e hora da aquisição, condicionantes climáticos e atmosféricos, entre outros) podem contribuir para que se obtenha diferentes respostas nestas porções do terreno, o que pode ser visualizado na Figura já apresentada).

Com o intuito de corrigir estes erros foi utilizado o modelo HSI que se apresenta como uma nova forma de rearranjo da estrutura apresentada através do RGB e que se estabelece como uma forma mais intuitiva e perceptiva da ordenação dos valores baseados em cores. Lalibarte et al. (2005) inclusive apresenta uma série de trabalhos que vêm sendo desenvolvidos para a análise vegetacional a partir da utilização de imagens digitais com transformações HSI quando comparadas com as bandas RGB originais. De acordo com Jenses (2005, apud Laliberte et al, 2006, p.2)

Intensity relates to brightness and is represented as the vertical axis of the sphere. Hue is the dominant wavelength of the color and is represented as the circumference on the sphere. Saturation is defined as the relative purity of the color and is represented as the sphere's radius. The HSI model separates the intensity component from the color information, while hue and saturation components relate to how humans perceive color.

Ou seja, a tentativa de se utilizar o HSI a partir de informações referentes a Cor ou Matiz (Hue), Saturação (Saturation) e Intensidade (Intensity) contribui sobremaneira para estabelecer, a partir das informações citadas, diferenciações em

relação a determinados alvos. Torna-se interessante notar os resultados oriundos da comparação entre as classificações baseados na Matriz de confusão desta classe. Tomando-se por base os resultados de 2010, percebe-se uma taxa de inclusão de aproximadamente 19% dos resultados (ou seja, objetos que não eram vegetação do tipo gramínea, mas foram incluídos como tal) e um total aproximado de 35% de erros de omissão (o que representa que 35% dos resultados levantados e que deveriam ter sido rotulados como gramínea, mas que foram confundidos com outras classes). Isto demonstra que a confusão em relação à “Vegetação do tipo Gramínea” foi subestimada por não conseguir escrutinar de maneira tão clara seus objetos.

Quando se verificam os erros associados às classificações do ano de 2009 pode-se perceber um resultado ainda maior em relação aos erros de omissão. Evidentemente que estas confusões, apesar de estarem associadas em grande parte à classe “Vegetação do Tipo Arbórea”, e necessitarem de alterações dos parâmetros em relação à textura dos objetos, pode também ser explicada (principalmente para o ano de 2009) devido à sazonalidade.

Devido à diferença entre as datas de aquisições das imagens, os parâmetros e limiares adotados para a identificação da “Vegetação do Tipo Gramínea” podem não ter sido suficiente para abranger a sua própria diferenciação sazonal, o que expressa a própria dificuldade da comparação entre imagens de tempos diferenciados. Um indício deste tipo de afirmação pode ser confusão entre as classes “Solo Exposto” e “Vegetação do Tipo Gramínea” no ano de 2009.

Além destas questões apontadas, vale a pena destacar a necessidade de se discutir algumas regras do modelo e da classificação visual que contribuiriam para o levantamento discrepante em relação a duas classes particulares: “Vegetação Urbana” e “Vegetação do Tipo Arbóreo”. É importante lembrar que se rotula como “Vegetação Urbana” a vegetação que está em grande parte englobada por áreas consideradas urbanas (sendo elas consolidadas ou não). Neste sentido, a “Vegetação do Tipo Arbóreo” seria aquela que não está completamente circundada por áreas urbanizadas, ou seja, o contexto das classes ao redor contribuiria diretamente para a identificação das classes apontadas. Entretanto, tanto em relação à classificação visual quanto em relação à classificação

automática, pode-se perceber que esta regra contribui para a própria deturpação da realidade a partir do momento em que a contiguidade espacial (ou a não contiguidade espacial) pode estar associada à sazonalidade (maior incidência de sombras detectadas) ou ainda associada às próprias características das imagens (angulações diferenciadas, horário da aquisição da imagem).

Percebe-se claramente a partir da

Figura , que continuidade espacial da classe “Vegetação do Tipo Arbórea”, culminou na sua predominância para as imagens de 2009, enquanto o mesmo não ocorreu para os anos de 2010.

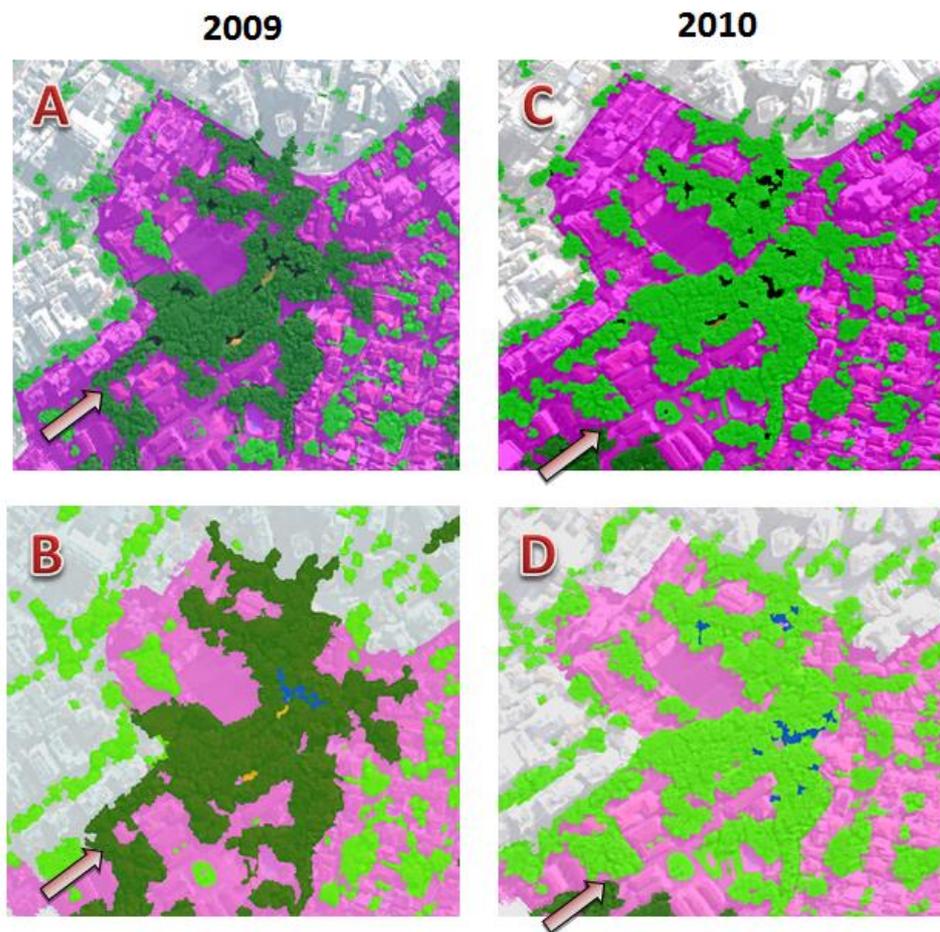


Figura 42: Diferenciação entre os resultados da classificação para a mesma área de interesse:

a) classificação automático em 2009; b) classificação visual em 2009; c) classificação automática em 2010; d) classificação visual em 2010.

É importante destacar, contudo, que esta contiguidade espacial foi possível a partir da aglutinação dos polígonos associados à Vegetação e sua sequencial separação (conforme demonstrado no Quadro 15 do Anexo I). Desta maneira, a menor conectividade detectada poderia propiciar a identificação da classe como “Arborização Urbana” ou como “Vegetação do Tipo Arbórea”. Reforça-se assim que a sazonalidade temporal da detecção das imagens, ou até mesmo as características das imagens em si, podem contribuir para a incursão destes tipos de confusão na classificação tanto visual como automática.

7.2.2 Área Urbana

Quando se verificam as classes associadas às Áreas Urbanas, pode-se perceber que os resultados obtidos variam desde 64,62% (“Uso de Estrutura Residencial” no ano de 2009) até 86,21% (“Uso de Estrutura Predial” também no ano de 2009) de exatidão global. Apesar das diferenciações em relação aos resultados obtidos é importante notar a eficiência da separação entre as áreas classificadas como “Área Urbana Não Consolidada” e “Área Urbana Consolidada”. Isto pode ser identificado na medida em que se analisam os resultados referentes aos erros de omissão e inclusão destas classes. Ora, as subclasses de “Áreas Urbanas Consolidadas” confundem-se muito mais entre si do que com os polígonos rotulados como “Áreas Urbanas Não Consolidadas”.

Aqui três discussões passam a ser importantes sendo a primeira diretamente relacionada com relação a separação entre os polígonos associados às áreas urbanas. Como discutido ao longo da metodologia da construção do modelo, a existência de padrões morfo-estruturais na paisagem podem contribuir para a identificação de diferentes formas de ocupação do espaço geográfico provenientes da utilização de uma série de características físicas ou até mesmo a partir da diferenciação da distribuição de serviços públicos prestados localmente. Neste sentido o Censo decenal realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE) contribui diretamente para a elaboração de um mapeamento social que possibilita o entendimento das condições de moradia e vida das pessoas a partir de variáveis relacionadas à situação de domicílio, renda e instrução, sejam no cenário urbano ou em cenário rural. A unidade utilizada pelo IBGE para este levantamento é o setor censitário.

De acordo com o IBGE (2003, p.4)

O setor censitário é a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País. Por esta razão, os arquivos com dados agregados por setor censitário foram originalmente concebidos como cadastros básicos de áreas para a seleção de amostras para as pesquisas domiciliares.

No entanto, a tentativa de se utilizar variáveis que apresentassem diferenciações em relação a infraestrutura local dos setores como um todo mostrou-se inicialmente inadequada pela não disponibilização dos dados referentes aos Setores Censitários rotulados como “Aglomerados subnormais”. De acordo com IBGE (2010, p.27)

O setor especial de aglomerado subnormal é um conjunto constituído de, no mínimo, 51 (cinquenta e uma) unidades habitacionais (barracos, casas...) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa.

Ora, desta maneira, optou-se pela diferenciação inicial da Área Urbana Consolidada em relação à Área Urbana Não Consolidada baseado na utilização das informações espaciais em relação aos setores subnormais. Caso se optasse por elaborar uma etapa no qual as áreas urbanas não consolidadas fossem elaboradas a partir da ausência do setor censitário incorreríamos no erro de definir determinadas habitações (representada, por exemplo, com uma seta na Figura) como uma classe a qual elas não pertencem.

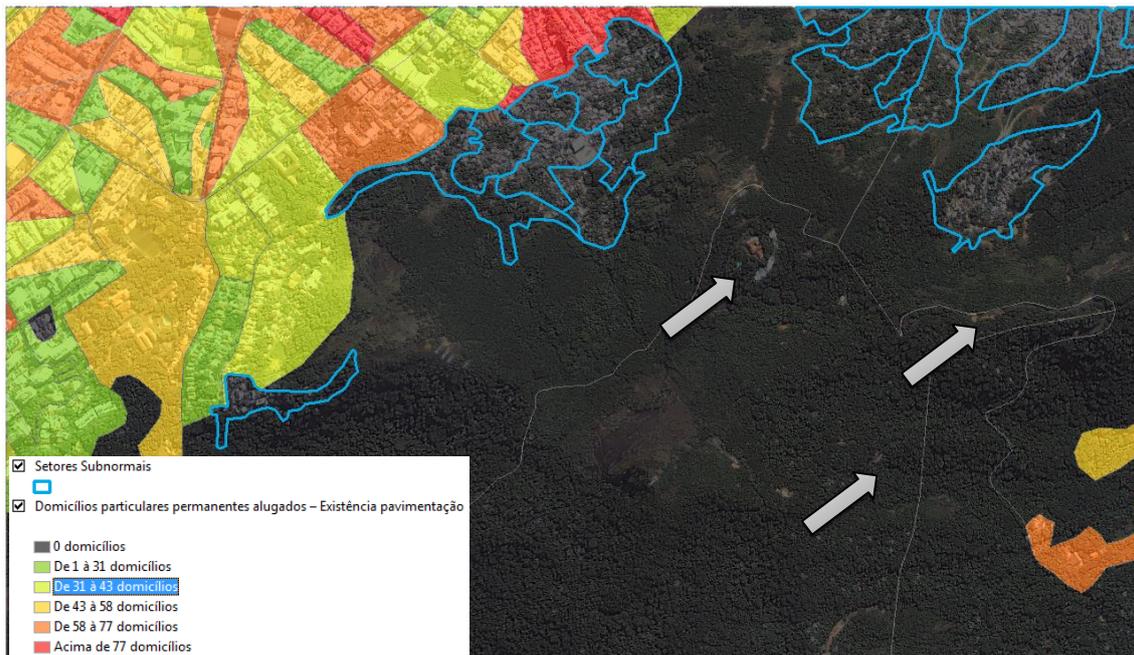


Figura 43: Apresentação de edificações isoladas que não são contempladas nem pelos Setores Censitários e nem pelos Setores Censitários Subnormais.

Apesar da identificação da eficácia na separação entre áreas urbanas consolidadas e áreas urbanas não consolidadas torna-se importante destacar que algumas “armadilhas” podem ser encontradas na utilização dos dados geográficos referentes à estes setores. Isto porque, de acordo com o próprio IBGE, a escala de produção do arquivo digital é variável, podendo nas áreas urbanas variar entre 1:2000 até 1:10.000, enquanto que nas áreas rurais esta escala de produção pode variar de 1:25.000 até 1:250.000. Neste sentido, a delimitação destes setores pode contribuir na indução de erros devido à flexibilidade relacionada a escala deste tipo de dado em diferenciados lugares.

No presente trabalho, esta discussão da escala repercutiu diretamente na necessidade de estabelecimento de algumas regras que foram pensadas com o intuito de corrigir e adequar estas resiliências ao próprio modelo. Verifica-se que em alguns casos houve a necessidade de adequação de polígonos classificados a partir da relação de borda com polígonos definidos como a mesma classe tornando-se um exemplo crasso deste tipo de questão.

Assim, a questão da escala de produção dos dados a serem inseridos como camadas temáticas no modelo de classificação semiautomática pode também ser discutido em todas as ações que considerem o plano de informação temático uma

plano essencial para o levantamento e definição de alguma classe em questão. Quando da utilização da vetorização das Linhas de Transmissão (utilizados no modelo para identificação da classe Torres de Transmissão) ou ainda do Modelo Digital de Terreno utilizado para a derivação das Declividades da área de interesse, a utilização de dados mais ou menos precisos pode confluir para o levantamento de resultados errôneos.

A segunda discussão referente às classes das áreas urbanas é referente à confusão associada à classe “Área Urbana Não Consolidada”. Conforme pode ser analisado nas Matrizes resultantes da comparação, a confusão desta classe está quase que em sua completude associada às classes: Uso de Estrutura Residencial, Uso de Estrutura Predial, Vegetação Urbana, Afloramento Rochoso, Torres de Transmissão e Sombra.

Isto pode ser explicado devido à intensa influência sofrida pela faixa que margeia as comunidades mais carentes. Na área de estudo utilizada para a elaboração do presente trabalho, percebe-se claramente a influência das áreas urbanas na deflagração da transformação das bordaduras de ocupação. Nas áreas urbanas não consolidadas, entretanto, esta identificação é mais perceptível (o que não quer dizer que o mesmo a alteração não ocorra quando nos referimos às áreas urbanas consolidadas) devido aos inúmeros fins dados a estas áreas influenciadas (destruição do pacote florestal para abertura de novas clareiras, agricultura, queima de lixo, etc.).

Neste sentido, a delimitação física das áreas urbanas não consolidadas passa a se tornar um tema mais sensível devido a inexistência de contiguidade espacial associada a esta própria classe. A partir da classificação visual (que serviu como base para o levantamento da verdade terrestre) pôde-se observar que esta influência não é heterogênea. No entanto, buscou-se identificar uma média em relação à dinâmica desta influência. Assim, a tentativa de adequação desta subjetividade foi corroborada no modelo com a implementação de uma etapa (Quadro 5 do Anexo I) que apresentava a necessidade de se estabelecer polígonos não contíguos nas proximidades de 30 metros das áreas influenciadas diretamente pelas favelas localizadas na região. Deriva-se desta discussão a importância assumida pela subjetividade na classificação de determinados usos, o que vem a

contribuir para a geração de confusões associadas à estas classes que não se comportam de maneira uniforme no espaço geográfico. É importante salientar que outros elementos da paisagem poderiam contribuir para a delimitação destas áreas como, por exemplo, as informações referentes à declividade (já que este tipo de elemento limitaria o uso à áreas urbanas não consolidadas), a existência em determinados locais de Eco-Barreiras (que atuariam na contenção da influência ocasionada por favelas), entre outros.

Outro ponto a ser debatido sobre os resultados dos modelos associados às classes “Área Urbana Consolidada – Uso do Tipo Predial” e “Área Urbana Consolidada – Uso do Tipo Residencial” refere-se às confusões associadas à estas classes. Apesar dos dados provenientes da matriz de confusão, apresentarem certa qualidade na exatidão global, quando confrontamos visualmente os resultados da classificação, pode-se observar uma diferença em algumas porções nucleares da área identificada como “Área Urbana Consolidada – Uso do Tipo Edificado”. Isto ocorreu fundamentalmente devido à não utilização dos Setores Censitários como dado de apoio para a classificação visual. Ora, a partir do momento em que se estipulam estes planos de informação como unidades a serem adotadas para apoiar e servir de subsídio para a classificação automática, a subjetividade atrelada à classificação visual contribui diretamente para a geração de erros no que diz respeito ao confronto das duas classificações. Portanto, neste caso os erros estão associados à metodologia empreendida ao longo da classificação visual.

Além da utilização de planos de informação temáticos e discussões que se fundamentam na contextualização dos processos de ação e transformação da paisagem, outro tipo de análise contribui decisivamente para que possamos derivar uma classificação mais precisa. Neste sentido, pôde-se verificar a importância associada à distinção entre classes baseado em informações referentes à aspectos morfo-estruturais contidas na paisagem.

Ora, este tipo de atributo permite-nos levantar informações referentes à forma dos objetos geográficos possibilitando a sua escrutinização a partir da maior homogeneidade ou heterogeneidade na relação borda/área do objeto. Portanto, a forma, que pode ser definida a partir de critérios associados à suavidade ou compacidade dos objetos contribui diretamente para permitir avaliar

objetos mais compactos, em relação à objetos com maior heterogeneidade de borda (Baatz, 2004). Neste sentido, a compacidade, por exemplo, expressa justamente a razão entre a área do objeto e sua circunferência, permitindo desta maneira, a identificação de feições mais compactas em contraposição à feições mais disformes.

É importante destacar que, a identificação conjunta das classes de Telhados de Cerâmica e Solo Exposto (Quadro 3 do Anexo I) logo no princípio de construção do modelo torna fundamental o entendimento dos procedimentos que consistiram na tentativa de separação posterior das mesmas. Isto se deve fundamentalmente à confusão referente ao espectro eletromagnético promovido por ambos os objetos devido a similaridade encontrada no seu próprio material de origem (Ribeiro et al., 2011). Desta maneira, de acordo com Beltrame (2008, p. 83) “a confusão apresentada entre essas duas classes é decorrente da presença da argila na composição de ambas. Desta forma, a utilização apenas de dados espectrais para separá-las adequadamente não tem se mostrado eficaz.”. A verificação da utilização do atributo compacidade contribui diretamente para o estabelecimento de áreas “não naturais” (constructos) a partir da derivação dos polígonos mais regulares em contraposição a polígonos mais. Assim, atrelados a atributos de área e contexto, pôde-se definir com maior precisão os polígonos identificados como edificações isoladas na área de interesse.

7.2.3. Outros Elementos

Além das classes discutidas anteriormente, torna-se importante também a discussão referentes à outras classes para a avaliação e entendimento do próprio modelo construído. Neste sentido, outra classificação sobre a qual se obteve um resultado bastante interessante foi em relação à classe “Torres de Transmissão”. Antes de tudo, é importante destacar que a detecção destas feições incorreu, inicialmente, no estabelecimento de uma confusão entre as mesmas e edificações isoladas (muitas delas com a cobertura do tipo alumínio, amianto ou cimento).

Para sanar esta confusão, em um primeiro momento cogitou-se a utilização do atributo associado à orientação dos objetos. Ora, se nos baseássemos para o levantamento de um modelo que utilizasse imagens com as mesmas características de ângulo de visada, a direção da torre poderia fornecer subsídios para a identificação das mesmas, já que a orientação do objeto poderia ser levantada facilmente. Entretanto, as características das imagens de satélite obtidas multi-temporalmente, muitas das vezes são distintas, e, portanto, não contribuem para a utilização deste tipo de atributo. Na Figura , pode-se perceber a diferenciação entre a forma como são representadas as Torres de Energia no ano de 2009 e nem 2010.



Figura 44: Representação de algumas das Torres de Energia da área teste em dois momentos: 2009 e 2010 respectivamente.

Para solucionar a detecção destes objetos, fez-se utilizar, além das informações atreladas ao Brilho dos objetos, do plano de informação referente aos cabos de transmissão entre as Torres, o que por sua vez contribuiu de maneira decisiva para a própria identificação destes objetos.

Desta maneira, no ano de 2010, obteve-se um resultado de Exatidão Global de 91,67% com um erro de inclusão e de omissão de 8,33%. Para o ano de 2009, por sua vez, todas as amostras levantadas possuíram classificação assertiva. Apesar dos resultados apresentados, é importante destacar que a existência de poucas amostras associadas à esta classe pode suscitar erros na verificação da asserção dos dados escrutinizados. Porém, quando se confrontam os resultados

referentes às áreas classificadas, verifica-se certa consistência entre os dados levantados. É interessante notar, ao analisarmos as Tabela e Tabela na considerável redução de áreas entre os polígonos desta classe entre o ano de 2010 e 2009. Devido às questões de angulação da imagem pode-se perceber que houve uma diminuição de área identificada como pertencente a esta classe.

Conforme já explicado anteriormente no presente trabalho, a identificação de determinadas espécies na paisagem contribuem como indicadores de alteração. Devido a esta condição, a identificação das mesmas se torna importante inclusive para entender a dinâmica e os fluxos existentes em determinada porção espacial. Diante disso, as embaúbas prateadas (*Cecropia hololeuca*) passam a ser uma representante destas espécies indicadoras. Por ser heliófila, (IPEF, 2012) quando surge em locais de mata fechada, indica que alguma alteração, seja ela antrópica (desmatamento) ou natural (movimentos de massa) ocorreu naquela porção espacial. Evidentemente que outras espécies heliófilas se comportam da mesma maneira, porém, devido as suas próprias características (a coloração prateada), a embaúba prateada se destaca na paisagem.

Como as características espectrais desta espécie as diferenciam das demais no Mata Atlântica de Encosta, optou-se pela utilização do parâmetro brilho para diferenciá-las do restante do pacote arbóreo. Neste sentido, aproveitou-se uma vez mais as características de brilho dos objetos obtendo-se uma precisão no resultado relativamente elevada.

Apesar de representar um erro de inclusão nulo para o ano de 2009, os erros de omissão foram bastante elevados, obtendo-se um erro aproximado de 40%. Isto indica de que uma série de objetos terem sido classificados corretamente no modelo com a classe “Indicadores de Degradação – Embaúba”, 40% das amostras (5 de um total de 12) foram classificadas como “Vegetação do Tipo Arbórea”. Já para o ano de 2010, apesar de não ter se obtido uma exatidão perfeita (aproximadamente 9% de erros de inclusão e aproximadamente 17% de erros de omissão), os resultados foram melhores. Mais uma vez os erros associados à classificação estão relacionados à classe “Vegetação Arbórea” o que nos remete a pensar que ou os parâmetros de calibração do parâmetro brilho não foi bem identificado ou ainda que as alterações espectrais entre as imagens

(influenciadas pelas questões já supracitadas no presente trabalho) contribuíram para um comportamento diferenciado desta classe neste ano em comparação com o outro.

7.3.

Dos resultados finais

A partir da extensa discussão apresentada é possível então afirmar que o método proposto e elaborado se mostrou eficiente em função dos resultados quantitativos e qualitativos apresentados. A elaboração do modelo de classificação semi-automática confluiu para uma acurácia obtida (Índice Kappa) acima de 80% para ambos os anos estudados. Estes valores podem então indicar um baixo dispêndio no retrabalho sobre a classificação obtida para que se atinja o padrão alcançado pela classificação visual. Além desta otimização e agilidade propiciadas pelo modelo, é importante destacar também que o mesmo contribui sobremaneira para a possível redução da subjetividade empregada na própria classificação pelos foto-intérpretes.

É importante também destacar que a elaboração de uma legenda de classificação baseada em conhecimento geográfico, aliada a construção da hierarquia de classes, permitiu que se formatassem as bases para a própria construção do modelo ao indicar uma série de inter-relacionamentos entre as classes. Assim, o próprio entendimento prévio das relações e dos padrões existentes na área de interesse, embasados também pelas visitas de campo e pela fundamentação teórica, representou grande importância para a produção destes elementos, assim como da classificação visual. Esta última, produto impreterível para que se tornasse possível estabelecer um parâmetro de verdade terrestre para a verificação da própria eficácia (ou não) do modelo estabelecido.