
MAPEAMENTO DE COBERTURA E USO DA TERRA COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

ANDREA LOPES IESCHECK¹

GABRIEL DE SOUZA²

FLAVIA FARINA¹

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Instituto de Geociências

¹Departamento de Geodésia, Porto Alegre, RS

² Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, RS

andrea.iescheck@ufrgs.br, gabriel.8.5@hotmail.com, flavia.farina@ufrgs.br

RESUMO - O conhecimento da cobertura e uso da terra é uma importante ferramenta para compreensão dos padrões de organização do espaço. O emprego de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para obtenção de dados espaciais vem crescendo consideravelmente diante da facilidade de manuseio e da elevada resolução espacial possível de ser obtida. Neste contexto, o presente trabalho analisa a aplicabilidade desta tecnologia para fins de mapeamento da cobertura e uso da terra. A metodologia adotada envolve as seguintes etapas: pré-sinalização; planejamento e execução dos voos; processamento dos dados; elaboração do mapa de cobertura e uso da terra; e controle de qualidade. As fotografias foram obtidas com uma resolução espacial de 10 cm para uma área piloto de 1 km². O ortofotomosaico resultante apresentou um erro posicional máximo de 0,1634 m para 90% dos pontos testados e um desvio padrão de 0,1143 m. Ainda, a alta resolução das imagens permitiu a elaboração do mapa de cobertura e uso da terra em nível III, com reduzida necessidade de verificação em campo das classes mapeadas.

ABSTRACT - Knowledge of land use and occupation is an important tool for understanding the patterns of space organization. The use of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) for data acquisition is increasing when compared to other types of surveying due to its ease of handling and due to the high spatial resolution that can be achieved. In this context, this paper analyzes the applicability of this technology for land use and occupation mapping purposes. The methodology comprises the following steps: pre-signaling; flight planning and flight execution; data processing; land use and occupation map; and quality control. The photographs were taken with a spatial resolution of 10 cm on a sample area of 1 km². The positional error of the orthophotomosaic was 0.1634 meters for 90% of the tested points with a standard deviation of 0.1143 meters. Also, the high resolution of the images allowed a level III land use and occupation mapping and required less field verification of the mapped classes

1 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade crescente de mapeamento os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) têm sido utilizados para suprir algumas lacunas do setor. O uso do VANT na obtenção de dados espaciais vem crescendo em razão da sua facilidade de operação, baixo custo e da alta resolução espacial que pode variar de acordo com as necessidades do usuário.

A diversidade de plataformas disponíveis no mercado, a custos variados, expandiu o leque de aplicações para áreas da agricultura, silvicultura, mineração monitoramento ambiental e de fronteiras e para a cartografia em geral. A flexibilidade da resolução temporal e a rapidez para executar um voo têm estendido também a sua aplicação, em diversas regiões do mundo, ao monitoramento de desastres e localização de potenciais vítimas.

Ademais, sensores digitais têm sido desenvolvidos ou adaptados especialmente para VANT, nas faixas espectrais do visível e infravermelho, esta última sendo especialmente útil para o mapeamento da vegetação e de áreas impermeabilizadas. Mais recentemente, sensores multi e hiperespectrais, *laser scanner* e radares de abertura sintética, comumente usados apenas em aeronaves, estão sendo embarcados em VANT (WANG et al, 2009). Além do desenvolvimento e aprimoramento das plataformas e dos sensores, há também inovações e experimentação de procedimentos e técnicas de processamento digital das imagens e dos dados obtidos pelos sensores, visando maior agilidade e qualidade na obtenção dos dados (MUKHERJEE et al, 2009; ZHOU et al, 2009).

Este rápido desenvolvimento de equipamentos e de aplicações bem como a utilização recente desta tecnologia torna necessário avaliar cuidadosamente o emprego de VANT nas diversas finalidades do mapeamento, principalmente no que tange as limitações do tipo de câmera embarcada. Em aplicações que exigem maior precisão é necessário estabelecer a confiabilidade do levantamento e a qualidade dos produtos gerados.

Neste contexto e ao considerar que o conhecimento da cobertura e uso da terra é uma importante ferramenta para compreensão dos padrões de organização do espaço, o presente trabalho analisa o uso desta tecnologia para fins de mapeamento da cobertura e uso da terra. Para tanto, a metodologia adotada envolve as etapas de pré-sinalização, de planejamento e execução dos voos, de processamento dos dados, de confecção do mapa de cobertura e uso da terra, e de controle de qualidade dos produtos gerados.

2 METODOLOGIA DO TRABALHO

2.1 Área de estudo

Utilizou-se como critérios para seleção da área de estudo o enquadramento na atual legislação brasileira sobre VANT e a variedade de alvos naturais para mapeamento da cobertura e uso da terra. Assim, foi selecionada uma área piloto, com aproximadamente 1 km², situada na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, localizada no município de Eldorado do Sul, estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

O município de Eldorado do Sul compõe a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e tem parte de seu território localizado na área de preservação ambiental do Delta do Jacuí. O relevo na região é de baixa altitude, varia de ondulado a suavemente ondulado, e, nos limites da Estação Agronômica, observa-se a existência de coxilhas separadas por depressões suaves.

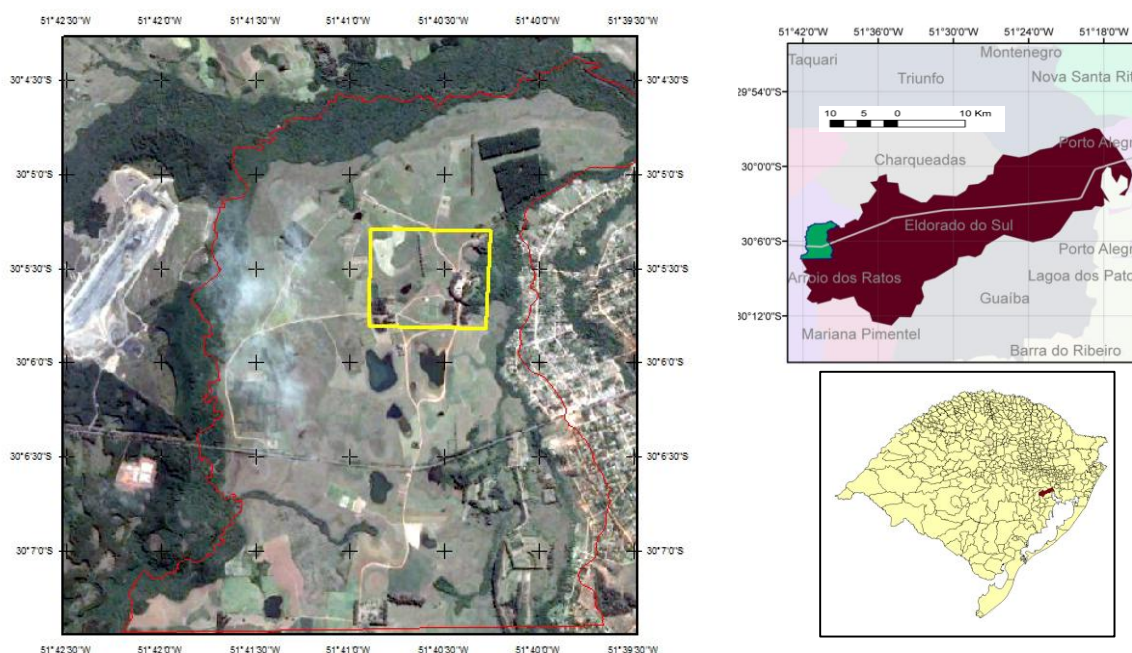


Figura 1 – Área de estudo.

2.2 Pré-sinalização

Na primeira etapa do trabalho, procedeu-se ao estudo preliminar para confecção, distribuição e medição das coordenadas dos alvos artificiais para pré-sinalização dos voos. Como a resolução espacial pretendida para o levantamento aéreo foi estabelecida em 10 cm e o terreno é na sua maioria coberto por vegetação e solo exposto, foi necessário o desenvolvimento de alvos de forma que seu centro fosse reconhecido nas fotografias e que tivesse precisão compatível com esta resolução espacial. Os alvos foram definidos a partir de testes de contraste por cores opostas e de contraste em luminosidade.

Após escolha do modelo mais adequado, os alvos foram impressos em lona de PVC, com tamanho 60cm x 60cm (preto) e centro circular de 30 cm de diâmetro (branco), conforme ilustrado na Figura 2. Este raio garante uma matriz de pixels quadrada de ordem ímpar (3 x 3 pixels), tendo assim apenas um pixel central para um voo com resolução de 10 cm.



Figura 2 – Alvo de pré-sinalização dos voos.

A distribuição dos alvos no terreno foi realizada com distribuição aproximadamente uniforme dentro da área de estudo. No total foram locados 34 alvos, cujas coordenadas do ponto central foram obtidas a partir do rastreamento de satélites GNSS pelo método de posicionamento relativo com RTK (cinemático em tempo real). Foram utilizados três receptores geodésicos Topcon Hiper Lite Plus, sendo dois estáticos (estações de referência) e um receptor móvel. As duas estações de referência foram posicionadas em marcos geodésicos localizados no interior da Estação Agronômica. Neste trabalho, a precisão dos pontos requerida foi definida em 5 cm (metade da resolução espacial planejada). O ajustamento das coordenadas obtidas com GNSS foi realizado no *software* Topcon Tools. As estações de referência serviram como pontos de controle no ajustamento, com coordenadas injuncionadas de forma relativa.

2.3 Planejamento e execução do voo

O plano de voo foi elaborado no *software* eMotion que permite estabelecer a resolução espacial desejada, o raio de alcance e a área de voo conforme a autonomia das baterias. A partir disso, todos os elementos do plano de voo são calculados automaticamente (Figura 3).

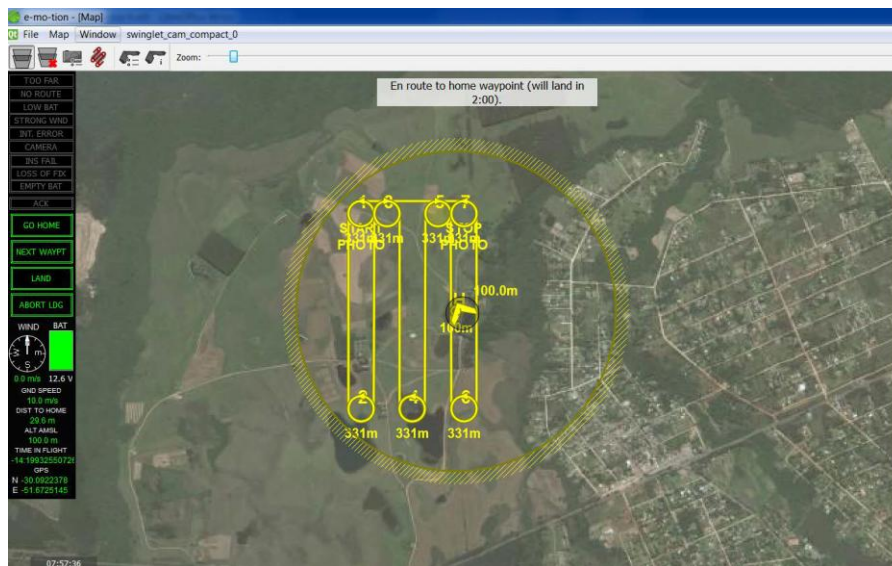


Figura 3 – Exemplo de um dos planos de voo

O voo foi executado com o VANT Swinglet CAM, do Departamento de Geodésia da UFRGS, que pesa menos de 500 gramas e possui 80 cm de envergadura. A câmera a bordo é o modelo Canon IXUS 220HS, com resolução de 12 megapixels (4000 x 3000), distância focal de 4,3 mm e pixels de 1,54 micrômetros.

Devido ao seu reduzido porte, foi avaliada a previsão meteorológica para a seleção de datas para o aerolevanteamento, considerando a possibilidade de chuva e a velocidade do vento. O levantamento foi executado em 29 de novembro de 2014, com quatro voos sobre a região de interesse, programados em função da capacidade das baterias. Os voos foram cruzados, sendo que três voos foram executados no sentido leste-oeste e um no sentido norte-sul. Esta configuração de voo permite garantir a sobreposição necessária, assegurar que todas as feições fossem fotografadas e, também, obter uma maior quantidade de fotografias sobre a mesma região em visadas distintas, o que aumenta o grau de liberdade no ajustamento da aerotriangulação. Ao total foram adquiridas 174 fotografias.

2.4 Processamento dos dados

Esta etapa do trabalho envolve o processamento das fotografias, a aerotriangulação e a geração do ortofotomosaico, o qual servirá de base para identificação e vetorização das classes de cobertura e uso da terra. A aerotriangulação e o ortofotomosaico foram elaborados com o *software* Agisoft PhotoScan, que executa a modelagem tridimensional com base em imagens controladas ou não. As fotografias podem estar em qualquer posição, desde que a feição a ser reconstruída seja visível em pelo menos duas fotografias obtidas de ângulos diferentes.

A geração do ortofotomosaico consiste no reposicionamento dos pixels para uma vista ortogonal, eliminando, assim, o desvio devido ao relevo e à inclinação da tomada da fotografia. A imagem também é corrigida das distorções da câmera. Inicialmente, procedeu-se ao alinhamento arbitrário das fotografias com o objetivo de reconhecer e marcar os alvos artificiais. Dos 34 alvos implantados foram utilizados 5 como pontos de controle, sendo um próximo ao centro e os demais nos quatro cantos do limite da área de estudo (Figura 4). Os 29 pontos restantes foram utilizados no controle de qualidade. Fez-se, então, o realinhamento das fotografias tendo como referência as coordenadas de campo dos 5 pontos de controle.

Em seguida, foi realizada a densificação da nuvem de pontos. Entre os vários níveis de densificação disponíveis, escolheu-se o nível mais alto (ultraelevada), gerando mais de 200 milhões (202.698.049) de pontos tridimensionais (Figura 4). A densificação ultraelevada requer um processamento bastante superior e, no caso deste trabalho, este processo teve a duração aproximada de 24 horas. A terceira etapa da produção do ortofotomosaico se deu pela construção do modelo digital de terreno (MDT) a partir da nuvem de pontos. As fotografias foram, então, assinaladas com pontos de ligação e, por meio do algoritmo do Agisoft PhotoScan, gerou-se o ortofotomosaico.



Figura 4 – Nuvem de pontos e distribuição dos pontos de controle

2.5 Elaboração do mapa de cobertura e uso da terra

O mapa de cobertura e uso da terra foi elaborado pelo processo de interpretação visual e vetorização manual do ortofotomosaico. O método empregado se baseia no reconhecimento de unidades homogêneas a partir das características da resposta espectral, textura, forma, padrão e localização geográfica dos alvos naturais. A identificação e a vetorização das classes de cobertura e uso da terra foram executadas no *software* ArcGIS 10.2. Adotou-se uma escala de visualização de 1:100 em virtude da elevada resolução espacial das imagens, do tamanho reduzido da área e

para maior precisão entre os limites das classes. A partir da análise prévia da imagem, dos dados gerais anteriormente levantados sobre a área e considerando as diretrizes propostas no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (IBGE, 2006), decidiu-se classificar a imagem de acordo com o Nível III de detalhamento (Quadro 1).

Devido à alta resolução espacial da imagem, a maioria das classes pôde ser reconhecida diretamente sobre o ortofotomosaico. A maior dificuldade esteve relacionada à identificação de pequenas áreas isoladas onde não se pode atribuir uma categoria de uso apenas pela interpretação da imagem. Estes pontos foram inspecionados em campo.

Quadro 1 – Classes de cobertura e uso da terra definidas para a área de estudo, de acordo com IBGE (2009).

Nível I - Classe	Nível II – Sub Classe	Nível III - Unidades
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Áreas Urbanizadas	Construções
		Vias Não Pavimentadas
Áreas Antrópicas Agrícolas	Culturas Agrícolas Temporárias	Hortícolas
		Milho
		Cultura Associada Aveia/Azevém
	Cultura Associada Aveia/Azevém/Milho/Campo Nativo	
	Culturas Agrícolas Permanentes	Frutíferas Cítricas
Áreas de Vegetação Natural	Silvicultura	Eucalipto
		Pinnus
		Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte Associada ao Campo Nativo
Água	Águas Continentais	Campo Nativo Úmido
		Gramínea
Outras Áreas	Áreas Descobertas	Lago
		Canal de Drenagem
		Solo Exposto

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade posicional do ortofotomosaico foi avaliada a partir dos 29 alvos artificiais utilizados como pontos de verificação. Para tanto, calculou-se as discrepâncias entre as coordenadas desses alvos medidas na imagem e as coordenadas correspondentes medidas em campo. O erro máximo testado em 90% destes pontos foi de 0,1565 metros e o desvio padrão de 0,1222 metros.

A qualidade da vetorização das edificações foi analisada através da comparação entre as feições vetorizadas e as feições homólogas medidas em campo. Ao total foram medidos 20 vértices e um perímetro. Como resultado, obteve-se assim um erro máximo de 2,05 cm/m, ou 2,05% em 90% dos vértices testados. A consistência do processo de vetorização das classes do mapa de cobertura e uso da terra foi verificada computacionalmente, por meio das ferramentas *Repair Geometry* e *Verify Topology* do ArcGis. Estas funções permitem avaliar a consistência da geometria e da topologia, tais como polígonos sobrepostos, zonas sem informação temática, entre outros.

O mapa de cobertura e uso da terra foi elaborado na escala 1:2.500, na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), fuso 22 Sul, e associado ao sistema de referência geodésico SIRGAS 2000. Este mapa representa as 16 classes identificadas na área de estudo, as quais são descritas a seguir:

- Mata nativa: capões de vegetação natural com formações arbóreas e arbustivas, incluindo remanescentes primários e alterados.
- Campo nativo úmido: áreas de campo nativo gramíneo lenhoso, situadas em regiões de menor altitude, com acúmulo de umidade sazonal.
- Campo nativo associado à pecuária de médio e grande porte: campo nativo utilizado eventualmente para pastagem de bovinos e ovinos.
- Hortícolas: cultivo isolado destinado à produção de alimentos. Esta classe é composta por hortaliças folhosas e de talos, como alface, brócolis, couve, couve-flor, repolho, abobrinha, condimentares, entre outras.
- Milho: granífera com cultivo de curta duração, com ciclo inferior a um ano, destinada principalmente à criação de aves.

- Cultura associada aveia/azevém: cultivo de plantas de curta ou média duração, com ciclo vegetativo inferior a um ano. Esta classe é composta pelas forrageiras para corte, aveia e azevém, destinadas à pecuária de animais de médio e grande porte. Localiza-se em meio ao campo nativo.
- Cultura associada aveia/azevém/milho e campo nativo: são experimentos realizados pelo laboratório de solos, com integração de forrageiras e milho em faixas alternadas de campo nativo.
- Cítricos: compreende o cultivo de plantas perenes, com ciclo vegetativo de longa duração, sem a necessidade de novos plantios após a colheita. Na área estão presentes espécies de laranja, limão e tangerina.
- Eucalipto: espécie florestal exótica com a finalidade de agente protetor, ornamental ou fornecimento de madeira para as atividades desenvolvidas na área de estudo. Em alguns setores esta classe margeia áreas de mata nativa.
- Pinnus: espécie florestal de plantio homogêneo e isolado, sem uso especificado.
- Gramínea: gramíneas exóticas associadas às nativas sem uso específico.
- Solo exposto: áreas descobertas, sem vegetação ou uso associado.
- Construções: edificações para uso administrativo, laboratórios específicos, alojamento, refeitório, abrigo de máquinas agrícolas e lazer.
- Vias não pavimentadas: vias de circulação sem revestimento.
- Lago: corpo d'água continental natural de água doce. Uso relacionado ao fornecimento de água para a pecuária.
- Canais de drenagem: rede de canais destinados ao escoamento superficial em áreas de campo durante períodos de acúmulo de água.

As áreas ocupadas por cada de cobertura e uso da terra são apresentadas na Tabela 1. Observa-se que o uso predominante na área de estudo está relacionado ao campo nativo associado à pecuária de médio e grande porte (28,39%) e à mata nativa (27,47%). A figura 5 apresenta uma ilustração do mapa de cobertura e uso da terra e a figura 6 a legenda do mapa.

Tabela 1 - Classes de cobertura e uso da terra: área ocupada e percentual.

Classe	Área (m ²)	Porcentagem (%)
Mata Nativa	216,36	27,47
Solo Exposto	7,26	0,92
Construções	7,45	0,95
Lagos	35,09	4,45
Gramíneas	20,00	2,54
Vias Não Pavimentadas	25,15	3,19
Eucalipto	26,46	3,36
Cultivo de Cítrus	4,19	0,53
Milho	6,19	0,79
Aveia Azevém	49,91	6,34
Milho Aveia Azevém e Campo Nativo	17,78	2,26
Hortícolas	1,15	0,15
Solo Úmido	56,25	7,14
Milho Aveia Azevém	90,87	11,54
Campo Nativo Úmido	223,61	28,39
Pinnus	2,94	0,37
Total	787,73	100,00

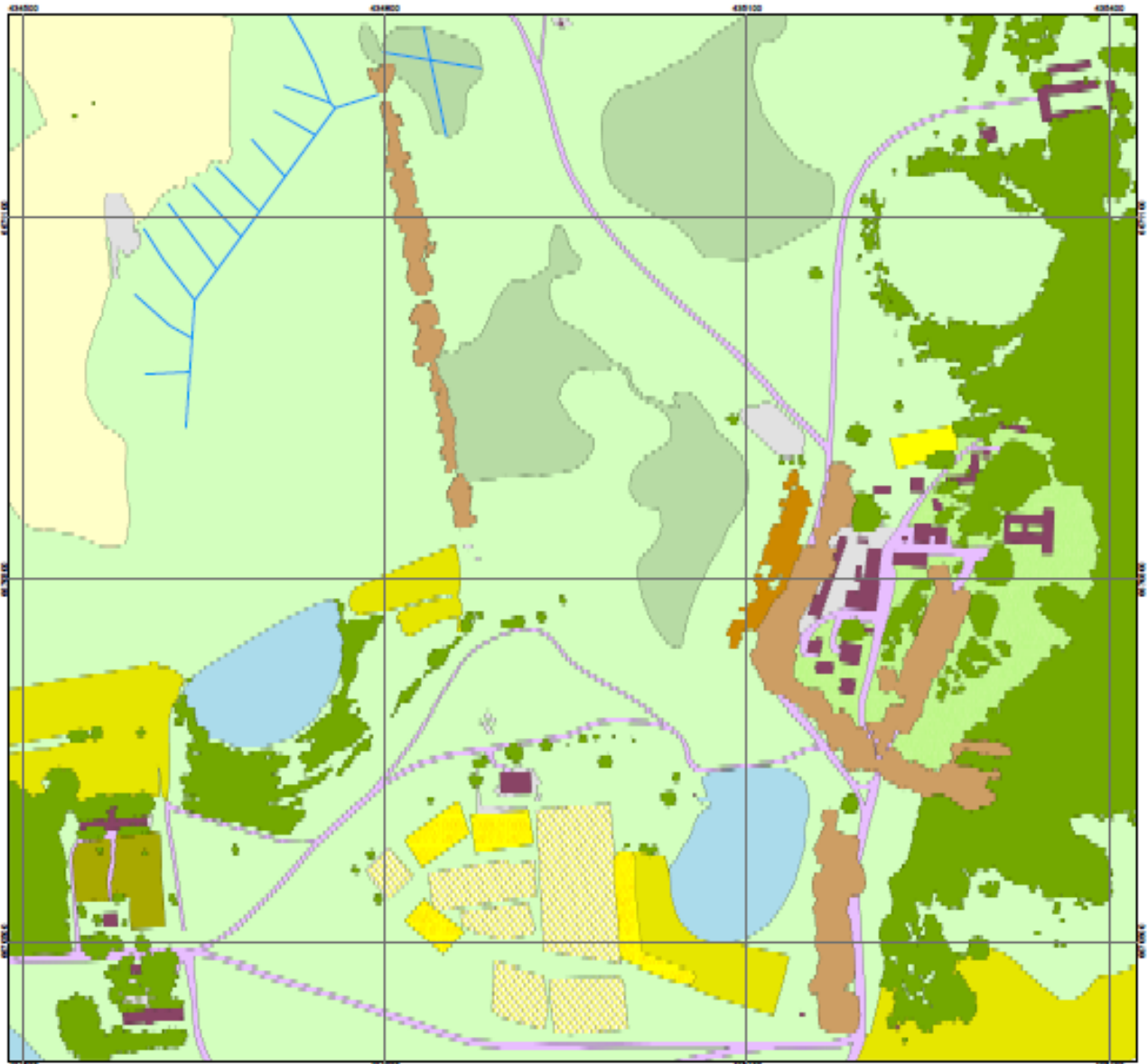


Figura 5 – Ilustração do mapa de cobertura e uso da terra.

Legenda

	Mata Nativa		Hortícolas
	Campo Nativo Úmido		Gramíneas
	Milho		Pinus
	Cultura Associada: Milho / Aveia / Azevém / Campo Nativo		Eucalipto
	Cultura Associada: Milho / Aveia / Azevém		Solo Exposto
	Campo Nativo Associado a Pecuária de Médio e Grande Porte		Vias
	Cultura Associada: Aveia / Azevém		Construções
	Citricas		Lagoas
			Canais de Drenagem

Figura 6 – Legenda do mapa de cobertura e uso da terra.

5 CONCLUSÕES

O objetivo de verificar a aplicabilidade do uso de VANT para mapeamento da cobertura e uso da terra foi alcançado. A metodologia adotada se mostrou adequada para elaboração e controle de qualidade dos produtos cartográficos intermediários e final, porém, devem ser observadas as características locais para aplicação desta metodologia em outras áreas.

Os alvos artificiais atenderam as necessidades de sinalização, pois foi possível reconhecer o pixel central na maioria das fotografias tomadas. A qualidade posicional do ortofotomosaico é compatível com a elaboração de produtos cartográficos na escala 1:815 ou menores.

A resolução espacial de 10 cm permitiu o reconhecimento da maioria das feições naturais e humanas, tais como mata nativa, cercas, edificações e postes, bem como a elaboração do mapa de cobertura e uso da terra em nível III, com reduzida necessidade de verificação em campo das classes mapeadas no processo de interpretação visual. A escolha deste nível de classificação torna possível o agrupamento das classes para os níveis II e I, facilmente adaptando-se o mapa para diversas formas de apresentação ou necessidades. Pode-se concluir também que o método de interpretação visual é eficaz para o mapeamento temático em imagens de alta resolução para áreas de dimensões reduzidas, pois os alvos são facilmente distinguíveis, reduzindo a necessidade de verificações in loco.

REFERÊNCIAS

MUKHERJEE, A. VELEZ, R. M., ROYSAM, B. Interest points for hyperspectral image data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, V. 47, p. 748-760, 2009.

WANG, W.Q.; PENG, Q.; CAI, J. Waveform-diversity-based millimeter-wave UAV SAR Remote Sensing. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, V. 46, p. 691-700, 2009.

ZHOU, G., AMBROSIA, V., GASIEWSKI, A.J. & BLAND, G. Foreword to the Special Issue on Unmanned Airborne Vehicle (UAV) Sensing Systems for Earth Observations. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, V.47, p. 687-689, 2009.