

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA SANTOS KÜHL

TECNOLOGIA LASER AEROTRANSPORTADA (LIDAR) APLICADA À  
ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO FLORESTAL DE PROPRIEDADES RURAIS:  
UM ESTUDO DE CASO

CURITIBA –PR

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA SANTOS KÜHL

TECNOLOGIA LASER AEROTRANSPORTADA (LIDAR) APLICADA À  
ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO FLORESTAL DE PROPRIEDADES RURAIS:  
UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao Programa de Educação Continuada em  
Ciências Agrárias da Universidade Federal do  
Paraná, como requisito parcial à obtenção do  
título de Especialista em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

CURITIBA –PR

2015

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Cicero e Cláudia, e ao meu irmão Bruno, pelos valores passados, amor, amparo e incentivo para continuação dos meus estudos.  
Ao meu namorado Vincenzo pelo amor, companheirismo e apoio para a conclusão deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar o sentido da vida e tudo o que eu tenho, por guiar meu caminho e me dar forças sempre que preciso.

À minha família, pelo incentivo, amparo, amor, pelos valores éticos que tenho hoje e pelo apoio na realização dos meus sonhos.

À Klabin, pelas oportunidades oferecidas, pela disponibilização dos dados do meu trabalho de conclusão de curso e possibilitar o estudo.

Aos meus amigos remotos de sala, pelas trocas de experiência, risadas e aprendizado.

Ao meu orientador Nelson Yoshihiro Nakajima pela orientação durante o trabalho, apoio e pelos conselhos.

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade e apoio institucional oferecido.

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, para eu completar mais esta fase da minha vida, minha formação profissional e meu desenvolvimento pessoal.

*“Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”*

*George Bernard Shaw*

## RESUMO

Desde a criação do primeiro Código Florestal, pelo Decreto nº 23.793/34, a legislação ambiental brasileira passou por diversas alterações e instituição de novas leis, como a Lei 4.771/65, e o Código Florestal vigente, Lei 12.651/12. Com a valoração das questões ambientais no mercado internacional, as empresas exportadoras de produtos de origem florestal devem atender aos regulamentos ambientais rigorosamente para manter sua certificação florestal e assim conquistar aos mais exigentes mercados. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi validar a utilização da tecnologia laser aerotransportada - *Light Detection and Ranging* (LiDAR) na adequação ambiental de propriedades florestais através do estudo de caso da fazenda Morro Chato, da empresa Klabin SA, no município de Tibagi – PR. Foram utilizados produtos obtidos a partir de tecnologia LiDAR levantados em voo realizado em 2012: Modelo Digital do Terreno (DTM), Modelo Digital da Superfície (DSM) e Ortofoto. A fim de se realizar a análise comparativa com a medição convencional em campo, foram levantadas linhas vetoriais, com equipamento GPS Trimble em tempo real, de 2012 a 2013, do limite da área produtiva florestal adequada, ou seja, com a área pertencente à Área de Preservação Permanente (APP) recuada. O mapeamento do uso do solo da fazenda foi realizado através da vetorização manual das feições de área produtiva, outras áreas, infra-estrutura, APP e vegetação nativa de acordo com a fotointerpretação da Ortofoto e DSM. A hidrografia foi obtida através do processamento do DTM com as ferramentas do pacote *Hidrology*, extensão do *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS e assim foi possível determinar a APP e Área de Preservação Permanente Futura (APPF) utilizando a ferramenta *Buffer*. Os dados de GPS foram convertidos através do software TerraSync 5.0 e os arquivos *Shapefiles* e ferramentas citadas foram processadas e analisadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.3. A aplicação da tecnologia LiDAR para a adequação à legislação ambiental, em nível de fazenda, mostrou-se viável pelo rápido prazo de obtenção de informações de passivos ambientais, hidrografia e APPF. Porém, em nível de talhão, a tecnologia LiDAR apresentou limitações quanto a identificação de nascentes e sua posição, quanto ao mapeamento digital do talhão e APPF e desconsideração da área do rio para projeção da APP. Por outro lado, a adequação ambiental realizada pelo método convencional em campo apresentou rendimento operacional consideravelmente menor e superestimação do limite da APP, devido à dificuldade operacional e erros do método. A diferença de 50% na quantificação de APPF entre as metodologias evidencia a importância do estudo e planejamento desta operação na maximização da área produtiva da empresa, atendendo simultaneamente a legislação ambiental vigente. Conclui-se deste modo que a delimitação da APP pelo processamento de produtos LiDAR deve ter seu uso integrado ao trabalho em campo.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, código florestal, área de preservação permanente, área consolidada.

## ABSTRACT

Since the establishment of the first Forest Law by Decree n° 23.793/34, Brazilian environmental legislation has undergone several changes and institution of new laws such as the Law 4.771/65, and the current Forest Code, Law n° 12.651/12. With the valuation of environmental issues in the international market, the exporters of forest products must attend strict environmental regulations to keep their forest certification and thus conquer the most demanding markets. In this context, the objective of this study was to validate the use of airborne laser technology - Light Detection and Ranging (LiDAR) on the environmental suitability of forest properties through the case study of the farm Morro Chato, Klabin SA, in the city of Tibagi - PR. Products have been obtained from flight raised LiDAR technology carried out in 2012: Digital Terrain Model (DTM), Digital Surface Model (DSM) and Orthophoto. In order to perform the comparative analysis with conventional measurement in the field, vector lines were raised with Trimble GPS equipment in real time, 2012 to 2013, the limits of adequate forest production area, what is the area belongs to the Permanent Preservation Area (APP) indented. The mapping of land use of the farm was carried out through manual vectorization of the productive area features, other areas, infrastructure, APP and native vegetation according to the photo-interpretation of Orthophoto and DSM. The hydrography was obtained by DTM processing with Hidrology package tools, Spatial Analyst extension of ArcGIS Tools and so it was possible to determine the APP and Future Permanent Preservation Area (APPF) using the Buffer tool. GPS data were converted by software 5.0 TerraSync and the Shapefiles and such tools were processed and analyzed in a Geographic Information System (GIS) ArcGIS 10.3. The application of LiDAR technology for adaptation to environmental legislation, in farm scale, proved to be feasible by the rapid time to obtain environmental liabilities information, hydrography and APPF. However, in field level, the LiDAR technology introduced limitations on the identification of water springs and their position, gaps in the digital mapping of the field and APPF, and lack of consideration of the river area for the APP projection. On the other hand, the environmental adjustment performed by the conventional method showed the pitch yield and considerably lower operating limit overestimation of APP, due to operational difficulties and error method. The difference of 50% in the quantification of APPF between the methodologies highlights the importance of studying and planning this operation in maximizing the productive area of the company, while attending the environmental regulations. So the delimitation of the APP using LiDAR products must be used integrated with the work field.

Keywords: remote sensing, forest code, Brazilian environmental legislation, permanent preservation area.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da Unidade Monte Alegre, Telêmaco Borba e Região – PR, evidenciando a localização da fazenda Morro Chato (em vermelho). Fonte: KLABIN (2015).....	7
Figura 2 - Sistema LiDAR Harrier 68i da Trimble.....	8
Figura 3 - (A) Modelo digital do terreno obtido por tecnologia LiDAR e (B) Modelo com hidrologia processada, evidenciando rios e nascentes (Tibagi, 2012).....	9
Figura 4 - (A) Modelo digital da superfície obtido por tecnologia LiDAR e (B) Modelo com hidrologia processada, evidenciando rios e nascentes (Tibagi, 2012).....	9
Figura 5 - Ortofoto da região florestal Morro Chato, com destaque para seu limite territorial, delimitado pelas calhas de rios (Tibagi, 2012).....	10
Figura 6 - Uso do solo da região Morro Chato (Tibagi, 2012).....	11
Figura 7 - Esquema de adequação ambiental em campo por equipes de topografia, com o uso de trena, estacas e coleta de dados por GPS Trimble em tempo real.....	12



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quantificação do uso do solo da região florestal Morro Chato, evidenciando a diferença entre a porcentagem de APPFs, extensão de rio e nascentes entre os métodos estudados.....	18
Quadro 2 - Desvio entre nascentes levantadas pelo método LiDAR e as nascentes levantadas em campo pela equipe de Adequação Ambiental.....	19
Quadro 3 - Quantificação da APPF entre o Código Florestal revisado (4.771/65) e o Código Florestal vigente (12.651/12), obtida pelo processamento de produtos da tecnologia LiDAR.....	21

## LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

APP - Área de Preservação Permanente

APPF - Área de Preservação Permanente Futura (Atuais áreas florestais produtivas que devem ser convertidas em APP no próximo ciclo)

CAR - Cadastro Ambiental Rural

DSM - *Digital Surface Model* (Modelo Digital da Superfície)

DTM - *Digital Terrain Model* (Modelo Digital do Terreno)

FSC - *Forest Stewardship Council*

LiDAR - *Light Detection and Ranging*

SICAR – Sistema de Cadastro Ambiental Rural

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SISLAM - Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental

UFPR - Universidade Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
2.1 Objetivo geral	6
2.2 Objetivos específicos	6
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
3.1 Caracterização da área de estudo	7
3.2 Aquisição de dados LiDAR e Ortofoto	8
3.3 Aquisição de dados de campo	12
3.4 Procedimentos metodológicos	13
3.4.1 Processamento dos dados	13
3.4.2 Análise dos dados	13
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
4.1 Análise comparativa da quantificação de passivos ambientais entre o método da tecnologia LiDAR e o método de adequação em campo	14
4.2 Análise da alteração do Código Florestal na quantificação de APPs	20
4.3 Análise da estimativa de APPFs na Unidade Monte Alegre - PR	22
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Pressionada por movimentos ambientalistas, a sociedade compreende cada dia melhor que a sustentabilidade das atuais e futuras gerações de um país depende dos serviços ambientais promovidos pela vegetação nativa, e, em última instância, seus serviços econômicos, como a regulação da quantidade e qualidade da água disponível para consumo, manutenção do clima e das chuvas e sequestro de carbono. A preservação da vegetação nativa e de seus serviços é de interesse público e o Código Florestal é a Lei que regulamenta seu uso sustentável e sua preservação (GUYOT e CAVALCANTI, 2014).

O Código Florestal brasileiro foi iniciado pela instituição do Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, no contexto da expansão da cultura do café. Os objetivos eram proteger legalmente as florestas, regulamentar a exploração florestal de lenha e definir punição àqueles que o violassem (COUTINHO et al., 2013). Pelo Art. 3º classificaram-se as florestas em: remanescentes, modelo, de rendimento e protetoras, sendo esta última classe definida no Art. 4º como florestas, que pela sua localização, possuem a função de conservar o regime das águas; evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; fixar dunas; entre outras funções de utilidade pública. No Art. 8º, as florestas protetoras e as remanescentes foram consideradas como conservação perene, devendo ser mantidas com no mínimo 1/4 da vegetação existente. No entanto, devido às consequências da modernização da agricultura e ao avanço extensivo do desmatamento das florestas naturais, como a Floresta Amazônica, o Decreto foi então revogado pela Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.

A atualização do Código Florestal, conjuntamente com as inclusões da Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001, criou a definição de Área de Preservação Permanente (APP):

*Lei 4.771/65 - Art. 3º, II - "área protegida '...' coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas" (BRASIL, 1965).*

Nesta Lei foram definidos os limites de APP para rios de até 10m, corpos hídricos mais frequentes dentro de uma bacia hidrográfica, como sendo uma faixa de 5m das margens do rio. Posteriormente, frente ao constante avanço do desmatamento das florestas nativas e agravamento desastres naturais, como as enchentes, o Código foi alterado pela Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989 e os limites da APP passaram a ser 30m de largura das margens do leito maior de rios de até 10m e de 50m de raio em nascentes. Com a legislação florestal mais rigorosa, muitos produtores rurais se encontraram em situação irregular perante a Lei e foram iniciadas discussões entre ruralistas e ambientalistas sobre a adequação do Código Florestal a realidade dos produtores rurais do Brasil e as necessidades para preservação dos serviços ambientais.

A Lei 4.771/65 vigorou até 2012, quando houve revisões no seu texto buscando flexibilizar os passivos ambientais, aumentar a produtividade agropecuária e regularizar produtores rurais que desmataram até 22 de julho de 2008, quando foi sancionada a Lei de Crimes Ambientais, sendo substituída pelo novo Código Florestal, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012.

Para realizar a regularização de proprietários rurais que converteram áreas de vegetação nativa para algum sistema produtivo até 22 de julho de 2008 foram criadas as Disposições Transitórias, Cap. XIII do Código Florestal, para a denominada “área rural consolidada” (GUYOT e CAVALCANTI, 2014):

*Lei 12.651/12 - Art. 3º, IV - “área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio” (BRASIL, 2012).*

As Disposições Transitórias são as regras da Lei que sofreram alterações, enquanto que as Disposições Gerais são regras permanentes mesmo com o estabelecimento e modificações da nova legislação. Assim, a criação de regras transitórias para APP em área consolidada permitiu um novo uso destas áreas, visando minimizar a quantidade de área nativa a ser preservada e recuperada:

*Lei 12.651/12 - Art. 61º-A - “Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008” (BRASIL, 2012).*

Contudo, de acordo com as Disposições Gerais, Cap.II do Código Florestal, para a APP onde a vegetação nativa é preexistente, ou seja, não há área consolidada, a regra geral protege essa vegetação nativa de ser desmatada para conversão em área produtiva, devendo ser preservada. Deste modo, enquanto a APP de nascentes é de 50m de seu raio em áreas de vegetação nativa preexistente, em áreas consolidadas este valor passa para 15m de raio.

Com a alteração dos limites definidos para APP dentro de áreas consolidadas pelo Art. 61º-A, foi reduzido o passivo ambiental nas margens dos rios em módulos em até 4 módulos fiscais. Para propriedades maiores que 4 módulos, a APP de rios de até 10m permaneceu com 30m de largura, contudo contada do leito regular do rio. Além disso, a APP de nascentes dentro de áreas consolidadas foi alterada de 50m de raio para 15m. Com essas mudanças na legislação, as propriedades rurais brasileiras tiveram que passar pelo processo de adequação do uso do solo para ficarem legalizadas.

A adequação ambiental é definida por VALLE (2013) como o conjunto de atividades que visa promover a conservação e recuperação do solo e dos recursos hídricos a fim de promover a sustentabilidade da produtividade agrícola (VALLE, 2013). Todavia, apesar das diversas adequações exigidas pelas mudanças na legislação ambiental de um país, o mercado internacional de produtos de origem florestal está cada dia mais exigente, e atender a legislação é essencial para uma empresa conquistar seu tão concorrido “*Market Share*”.

Com a crescente valorização das questões ambientais no mercado nacional e principalmente, internacional, a Klabin, maior produtora e exportadora de papéis para embalagens do Brasil necessita atender com precisão à Legislação Ambiental vigente para manter sua certificação FSC® – *Forest Stewardship Council*® e conquistar mercados exigentes quanto à sustentabilidade ambiental do seu negócio. Fundada em 1899, a empresa foi pioneira no Hemisfério Sul a receber FSC® para suas áreas florestais e a primeira empresa do setor na América Latina a receber FSC® para cadeia de custódia na fabricação de sacos industriais, papel cartão e papel Kraft (KLABIN, 2015).

A base florestal da empresa iniciou-se em 1934 com a aquisição da Fazenda Monte Alegre, Telêmaco Borba – PR, com o intuito de abastecer a

fábrica de papel que começou a operar em 1946. Em 1943, a empresa iniciou o reflorestamento com de araucária e eucalipto e, em 1951, com as primeiras espécies de pinus (KLABIN, 2015). Deste modo, as áreas produtivas da Klabin tiveram que se adequar a três mudanças no Código Florestal. Como a Lei não orienta os produtores rurais quanto à melhor metodologia de demarcação de APP, fica a critério de cada parte definir a metodologia para realizá-la. Visando corrigir a situação legal da empresa em antigas e novas propriedades, são identificados e mapeados os passivos ambientais encontrados (VENTURI, 2008).

Uma das metodologias em progresso para mapear, quantificar e gerenciar o uso do solo, rios e nascentes, e conseqüentemente, passivos ambientais de propriedades florestais é a varredura com sensor laser aerotransportado - *Light Detection and Ranging* (LiDAR) - Detecção de luz e distância - combinado com ortofotos de alta resolução. O sistema que compõe o LiDAR é constituído por um emissor de pulsos laser aerotransportado, que emite até uma freqüência de duzentos mil pulsos de luz por segundo, que encontram objetos remotos no terreno e na superfície da terrestre e refletem sendo identificados por um detector no equipamento. O LiDAR armazena para cada pulso os três tipos de reflexão possíveis: primeiro retorno (rp), retorno intermediário (ri) e último retorno (ru). O cálculo da distância entre o LiDAR e o objeto se dá pela determinação do intervalo de percurso do laser. O resultado do perfilamento a laser de um imóvel rural é um conjunto de pontos com dados de elevação e coordenadas geográficas, determinadas pelo GPS acoplado, sendo denominado como "Nuvem de Pontos". Depois de processado em softwares adequados, essa nuvem de informações possibilita a entrega em curto prazo dos produtos: modelo digital do terreno (DTM), modelo digital da superfície terrestre (DSM), curvas de nível e atualmente no Brasil produtos aplicados a Engenharia Florestal, como altura das árvores de uma floresta produtiva. O custo desta tecnologia apresenta valor elevado se sobrevoadas pequenas áreas, porém atualmente para grandes propriedades o custo pode chegar a apenas U\$ 5/ha (RODRIGUEZ et al., 2010).

De acordo com VENTURI (2012), o emprego de dados provenientes do LiDAR integrado com Sistema de Informação Geográfica (SIG) trás diversos benefícios operacionais e econômicos para as empresas florestais. Esta

integração possibilita o aperfeiçoamento da base cartográfica e gerenciamento florestal de uma empresa, conseqüentemente, maior apuração da área plantável, ativos ambientais, precisão do Inventário Florestal e suporte no micro planejamento operações, auxiliando na redução de custos. A grande vantagem da utilização de dados LiDAR no mapeamento de passivos ambientais é o alto rendimento operacional em comparação à medição por equipes de campo, com a utilização de trenas e GPS, que demanda tempo, recursos e ainda coloca em risco a segurança dos colaboradores, que trabalham em locais de difícil acesso.

Apesar de trabalhos publicados na literatura indicarem a viabilidade da aplicação do laser scanner no mapeamento do uso do solo, caracterização da vegetação e estimativa de volume florestal (GIONGO et al., 2010; ZANDONÁ, 2006; BOTELHO et al., 2005), há poucos estudos sobre sua aplicabilidade na identificação de rios e nascentes, e conseqüentemente, de passivos ambientais e adequação de propriedades rurais.

Validar a aplicação da tecnologia LiDAR na definição de áreas ambientalmente protegidas, e entender suas vantagens e suas limitações em comparação com a medição convencional em campo, pode auxiliar a Klabin na adequação de suas áreas produtivas à legislação vigente e deste modo, atender às mais rigorosas exigências da certificação florestal nacional e internacional.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Validar a aplicação de Tecnologia Laser Aerotransportada (LiDAR) na Adequação ao Código Florestal das Regiões Florestais da Klabin, Unidade Monte Alegre – PR.

### 2.2 Objetivos específicos

- a. Comparar a quantificação de nascentes, APP e área produtiva legal entre a análise obtida por produtos da Tecnologia LiDAR e a medição por GPS convencionalmente realizada em campo.
- b. Analisar a alteração do passivo de APP de nascentes de acordo com o Código Florestal anterior (Lei nº 4.771/1965) e o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012).
- c. Comparar a estimativa de Área de Preservação Permanente Futura (APPF) entre a análise obtida por produtos da Tecnologia LiDAR e a medição por GPS convencionalmente realizada em campo para a Unidade Monte Alegre - PR.



Tibagi, rio Ivaí e rio das Cinzas. A vegetação típica é constituída pela floresta ombrófila mista (KLABIN, 2015). De acordo com informações da empresa, o relevo da propriedade em estudo é suave ondulado e o solo predominante é classificado como LVAd1 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média.

### 3.2 Aquisição de dados LiDAR e Ortofoto

A Klabin contratou serviços de uma empresa especializada em aerolevantamento para realizar o vôo planialtimétrico de suas áreas florestais com a tecnologia LiDAR. Foi utilizado o equipamento 68i Harrier da Trimble (Figura 2).



Figura 2 – Sistema LiDAR Harrier 68i da Trimble.

Foram utilizados os produtos Modelo Digital do Terreno (DTM), Modelo Digital da Superfície (DSM) obtidos por tecnologia LiDAR (Figuras 3 e 4). A Ortofoto de resolução de 0,15m foi adquirida no mesmo vôo planialtimétrico, realizado em 2012 (Figura 5). A base cartográfica digital foi obtida a partir do mapeamento do uso do solo através da vetorização manual das feições de área produtiva, outras áreas, infra-estrutura, APP e vegetação nativa de acordo com a fotointerpretação de ortofotos e DSM em ambiente SIG (Figura 6).

A hidrografia da fazenda foi obtida pela vetorização em linhas do processamento do DTM com as ferramentas do pacote *Hidrology*, extensão do *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS. . A APP e APPF foram determinadas utilizando a ferramenta *Buffer* do ArcGIS.

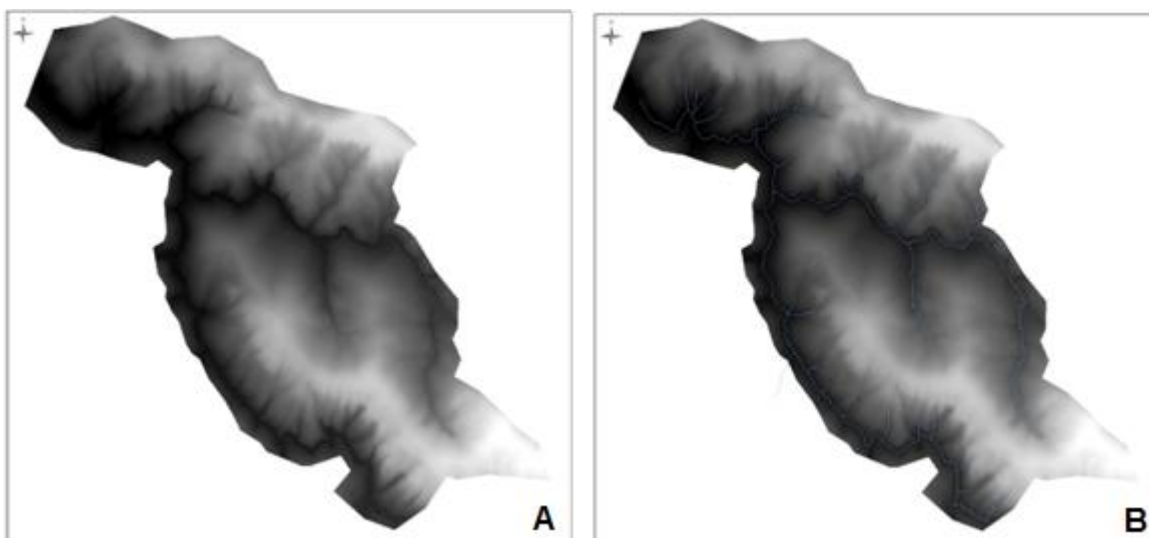


Figura 3 – (A) Modelo digital do terreno obtido por tecnologia LiDAR e (B) Modelo com hidrologia processada, evidenciando rios e nascentes (Tibagi, 2012).

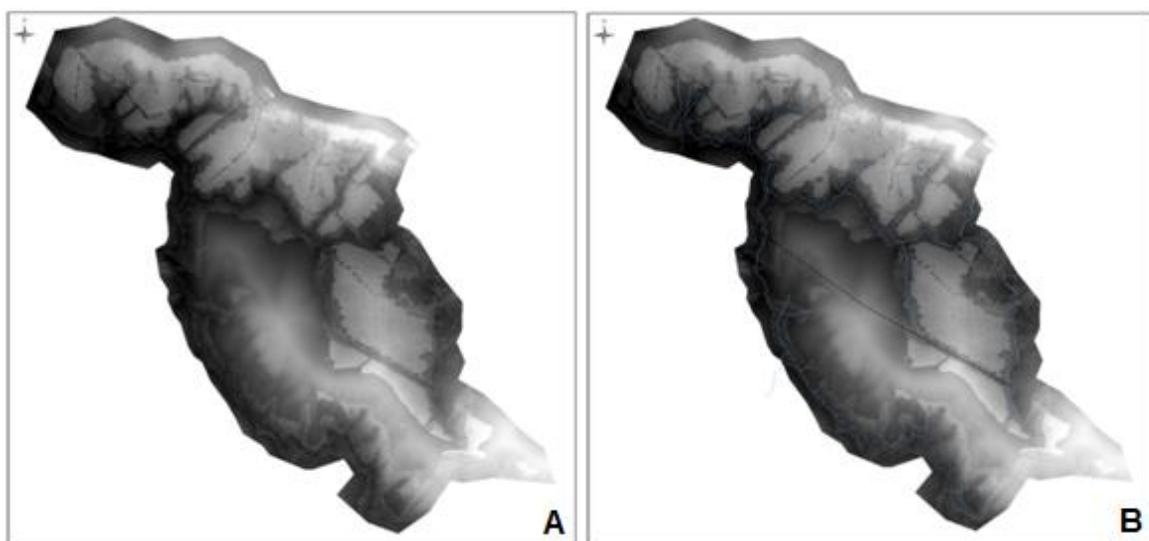


Figura 4 – (A) Modelo digital da superfície obtido por tecnologia LiDAR e (B) Modelo com hidrologia processada, evidenciando rios e nascentes (Tibagi, 2012).



Figura 5 – Ortofoto da região florestal Morro Chato, com destaque para seu limite territorial, delimitado pelas calhas de rios (Tibagi, 2012).

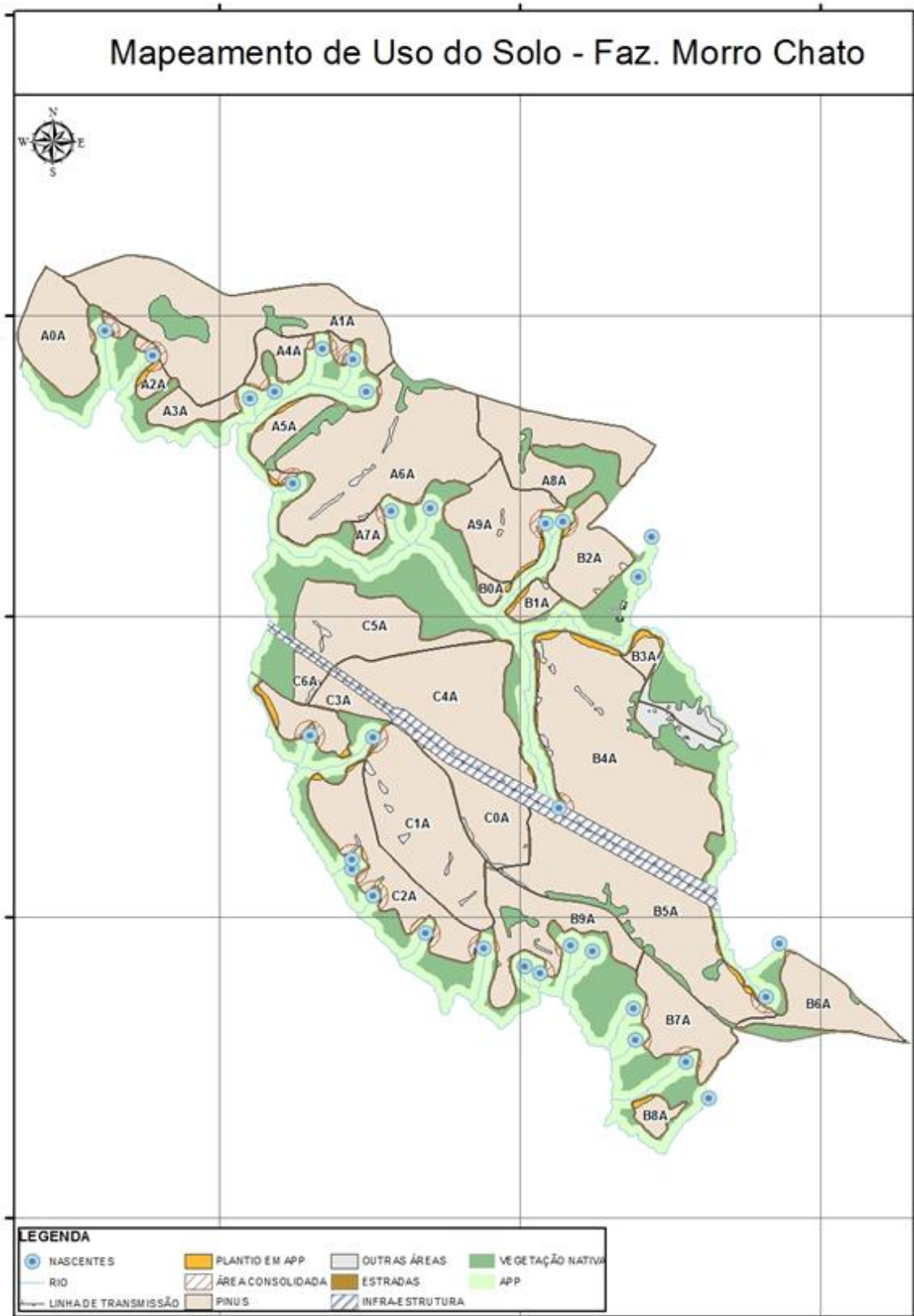


Figura 6 – Uso do solo da região Morro Chato (Tibagi, 2012).



### 3.3 Aquisição de dados de campo

Para a comparação entre os dois métodos de adequação ambiental estudados, foram coletados dados através da medição convencional em campo, na qual a equipe de topografia levanta as nascentes adjacentes ao talhão e o limite da área produtiva florestal adequada, ou seja, com a área pertencente à APP recuada. Durante este levantamento, os colaboradores identificam com estacas o limite entre área produtiva e APP com auxílio de trena e corda de 60m. Por fim coletam os dados com GPS Trimble em tempo real (Figura 7). O levantamento de adequação da fazenda Morro Chato foi realizado entre dezembro de 2012 e outubro de 2013.



Figura 7 – Esquema de adequação ambiental em campo por equipes de topografia, com o uso de trena, estacas e coleta de dados por GPS Trimble em tempo real.

Os dados georreferenciados foram levados ao escritório, onde alimentaram uma base de dados de campo em ambiente SIG.

### 3.4 Procedimentos metodológicos

#### 3.4.1 Processamento dos dados

Os dados de GPS Trimble foram convertidos no software TerraSync e os arquivos vetoriais *Shapefiles* foram processados e analisados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.3. Utilizou-se como referência cartográfica o sistema de coordenadas projetadas (UTM) e Datum SIRGAS 2000, fuso 22S.

Para a validação da adequação ambiental por produtos LiDAR e comparação de metodologias foram consideradas as variáveis quantitativas: número de nascentes identificadas em cada método, quantificação de passivo ambiental que deve ser convertido a APP, a Área de Preservação Permanente Futura (APPF), e da área produtiva legal. Além disso, verificou-se a coerência da delimitação da APP pela Tecnologia LiDAR em relação àquela realizada em campo, bem como as possíveis diferenças a nível de campo.

O mapeamento e cálculo da APP dos rios e nascentes pela tecnologia LiDAR foi realizado com base no Código Florestal anterior, Lei Nº 4.771/65 depois da Redação pela Lei nº 7.803/89, e posteriormente com base no Novo Código Florestal, Lei Nº 12.651/12, para fins de comparação de área ambientalmente protegida.

#### 3.4.2 Análise dos dados

As análises foram realizadas em SIG ArcGIS 10.3. Foram comparadas as quantificações de nascentes, APPF e área produtiva legal entre os métodos estudados. Para facilitar a comparação das metodologias, considerou-se o recuo de área produtiva pela APPF com sinal negativo (-) e o ganho de área com sinal positivo (+). Em seguida, foi analisada a mudança na área do passivo ambiental ao longo das alterações na legislação ambiental brasileira por processamento dos produtos da tecnologia LiDAR. Por fim, foi estimada a APPF pelos dois métodos estudados para a Unidade Monte Alegre da Klabin.

A análise de dados foi realizada em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, Pacote do Microsoft Office 2010.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise comparativa da quantificação de passivos ambientais entre o método da tecnologia LiDAR e o método de adequação em campo

Com os resultados da adequação ambiental pelo método LiDAR e pelo método de levantamento em campo foi elaborado o Quadro 1. Com a tecnologia LiDAR, os cursos d'água dentro do limite territorial da Fazenda Morro Chato totalizaram aproximadamente 13,82km de extensão através do processamento do DTM. Foram identificadas 32 nascentes e a área total levantada de APP (existentes + APPF) foi de 58,48ha. Enquanto isso, a extensão levantada em campo foi de 14,29km de rios (+3,40%) e 33 nascentes (+3,13%), totalizando 63,26ha de APP, 8,17% a mais do que o método LiDAR. Um dos motivos para essa diferença de quantificação entre os métodos se deve ao fato dos rios serem vetorizados como linhas e as nascentes serem obtidas a partir de uma calha calculada no DTM da tecnologia LiDAR, enquanto que na metodologia convencional o recuo se dá a partir da calha do rio e a da posição da nascente nas condições ambientais e meteorológicas no momento da medição.

É possível observar que, de acordo com a APPF estimada por tecnologia LiDAR, os talhões devem recuar 2,59ha (1,20%) para respeitar o limite de APP, enquanto que pelo levantamento topográfico o recuo chega a 5,17ha (2,40%), ou seja, praticamente dobra a área produtiva que deve ser reservada para APP. Se estes indicadores fossem analisados isoladamente, não seriam conclusivos. Contudo, como pode ser observado no Quadro 2, as nascentes levantadas tiveram diferença em número e em localização dentro da fazenda, o que justifica a diferença entre as metodologias.

Das 32 nascentes levantadas pelo LiDAR, 14 (43,75%) não tiveram diferença em campo e 18 (56,25%) encontram-se em média a uma distância de 3,72m abaixo da nascente levantada pelo método LiDAR, em uma amplitude de distância de +122,9m (acima da nascente do LiDAR) e -95,7m (abaixo da nascente do LiDAR). É possível verificar também que três nascentes identificadas pelo

LiDAR não existem em campo, devido as condições ambientais e topográficas, e assim 4 (quatro) nascentes foram identificadas a mais em campo. Esses dados evidenciam a limitação da metodologia LiDAR na identificação da hidrografia de propriedades rurais e, conseqüentemente, no mapeamento da APP, prejudicando o atendimento a legislação florestal preciso da empresa, a nível de talhão.

Para a preservação dos recursos hídricos e atendimento à legislação, licenciamento e certificação florestal, o levantamento de hidrografia e APP pelo LiDAR é apenas indicado em nível de fazenda, quando se deseja uma visão macro espacial da posição das nascentes, rios e APP, ou quando se necessita de uma informação em curto prazo, ou ainda para gerar material de base para o trabalho em campo. Para um mapeamento mais exato, a tecnologia possui as limitações indicadas e, assim a sua utilização deve ser integrada com a verificação em campo, principalmente quanto à existência de nascentes calculadas, ocorrência de nascentes não levantadas pelo processamento de dados LiDAR e sua posição verdadeira.

Foram observados outros limitantes, como a desconsideração de detalhes do talhão (declividades, peculiaridades em nível de campo, fragmentos, buracos), causados pelo fato de que o levantamento da Ortofoto e interpretação foram realizados com a floresta em pé, o que prejudica a delimitação precisa do talhão e assim, da APPF. Além disso, não identifica o polígono (área) do rio e deste modo, a APP projetada desrespeita a calha regular e o tamanho real do corpo hídrico.

Mesmo com as desvantagens do mapeamento digital de passivos ambientais, nota-se a sua importância promissora para estudos na literatura. Atualmente diversos estudos relacionados ao mapeamento de hidrografia e adequação do uso do solo de APP são realizados com base em cartas topográficas (MATIAS E CAMPOS, 2012), enquanto poderiam ser realizadas com dados LiDAR. Enquanto isso, outros estudos já utilizam os dados LiDAR, provenientes do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), por exemplo, para gestão e estudo de recursos hídricos visando a conservação ambiental (CASTRO, 2010).

É importante ressaltar que sistemas de controle governamentais, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), previsto no Art. 29 do Código Floresta, o uso do solo de propriedades rurais definido com produtos do LiDAR tem aplicação válida. O CAR é um mecanismo de aplicação prática do novo Código Florestal, instituído nacionalmente pelo decreto Nº 7.830 de 17 de outubro de 2012, que obriga que todos os imóveis rurais tenham seus atuais usos do solo declarados no sistema a fim de abastecer o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e por meio deste gerenciar e avaliar o avanço da regularização dos imóveis a legislação atual e disponibilizar os dados em rede. Por esta importância, o prazo para que todos os proprietários rurais tivessem inscrito suas propriedades no CAR era 6 de maio de 2015, porém devido a falta de inscrições o prazo foi prorrogado para 6 de maio de 2016 (GUYOT e CAVALCANTI, 2014). Deste modo, como a inscrição da propriedade no CAR é fundamental para gestão governamental e para que o proprietário rural fique isento de sanções administrativas por falta de APP e/ou Reserva Legal, enfatiza-se o aproveitamento de produtos LiDAR.

Além do CAR, o Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIMLAM) do Mato Grosso, considera córregos como linhas e aceitam a APP projetada a partir destas. Deste modo, entende-se a necessidade de se investigar melhorias nesse método para reduzir suas limitações e assim, aumentar a validade da sua aplicação para cadastros e gerenciamentos do governo brasileiro.

A metodologia de adequação em campo também apresentou suas vantagens e suas limitações. Foi considerada a calha regular dos rios no momento da medição da APP, e assim a área real do corpo hídrico, e, além disso, possibilitou o levantamento de nascentes que realmente existem no campo. Contudo, pela análise espacial, foi observado que as APPs de rios apresentaram largura maior do que 60m em muitos casos, o que evidencia erros do método, como falha no tempo real do GPS, ou até mesmo a falta de treinamento dos trabalhadores de campo. Deste modo, a melhor maneira encontrada para delimitação da APP se dá pela combinação das metodologias, ou seja, pelo processamento de produtos LiDAR e validação

em campo com trabalhadores capacitados, mesmo este último método apresentando rendimento operacional significativamente menor. Outra fonte de erro na medição em campo pode ser a dificuldade operacional pelo trabalho em locais de difícil acesso e locomoção.

Por fim, a diferença entre as quantificações de áreas de uso do solo entre as metodologias, como vegetação nativa, infra-estrutura e outras áreas, deve-se a erros de interpretação da Ortofoto por parte do operador de ArcGIS e, como o desvio é pequeno, classifica-se como erro de método, aceitável pela empresa.

Quadro 1. Quantificação do uso do solo da região florestal Morro Chato, evidenciando a diferença entre a porcentagem de APPFs, extensão de rio e nascentes entre os métodos estudados.

<b>TALHÕES</b>	<b>APPF LiDAR (ha)</b>	<b>APPF Campo (ha)</b>	<b>Total geral (ha)</b>
A0A	-0,01	0,31	7,48
A1A	-0,08	-0,21	22,47
A2A	-0,14	-0,35	0,85
A3A	-0,01	-0,35	2,35
A4A	0,00	-0,49	2,38
A5A	-0,21	-0,41	2,90
A6A	-0,01	0,19	21,81
A7A	-0,01	-0,10	1,15
A8A	0,00	-0,02	9,26
A9A	-0,18	-0,16	8,43
B0A	-0,05	-0,14	0,74
B1A	-0,14	-0,28	1,40
B2A	-0,08	0,00	5,56
B3A	-0,20	-0,40	1,17
B4A	-0,61	-1,61	27,19
B5A	-0,21	-0,47	17,54
B6A	0,00	-0,01	5,98
B7A	0,00	0,00	6,57
B8A	-0,12	-0,03	1,32
B9A	0,00	0,01	8,23
C0A	0,00	0,00	5,44
C1A	-0,03	0,00	14,92
C2A	-0,47	-0,36	13,11
C3A	0,00	0,00	1,75
C4A	-0,05	-0,26	14,59
C5A	0,00	-0,03	9,40
C6A	0,00	0,00	1,15
<b>Total Talhões</b>	<b>-2,59</b>	<b>-5,17</b>	<b>215,14</b>
<b>USO DO SOLO</b>	<b>APPF LiDAR (ha)</b>	<b>APPF Adequação (ha)</b>	<b>Total geral (ha)</b>
Talhões	212,55	209,97	
APP	58,48	63,26	
INFRA-ESTRUTURA	24,64	24,57	
OUTRAS ÁREAS	5,25	5,24	
VEGETAÇÃO NATIVA	44,39	42,25	
<b>Total geral</b>	<b>345,30</b>		
<b>HIDROGRAFIA</b>			
Extensão de Rio (km)	13,82	14,29	
Número de Nascentes	32	33	

Quadro 2. Desvio entre nascentes levantadas pelo método LiDAR e as nascentes levantadas em campo pela equipe de Adequação Ambiental.

Nascente LiDAR	Desvio em Campo (m)
1	-95,7
2	-62,5
3	-34
4	-31,9
5	-26,6
6	-21,5
7	-18,1
8	-3,5
9	-3,2
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	2,9
25	4,8
26	10,7
27	15,6
28	32,2
29	-
30	-
31	-
32	122,9
Média	-3,72

## 4.2 Análise da alteração do Código Florestal na quantificação de APPs

O Quadro 3 resume a diferença na determinação de áreas permanentes futuras dentro de áreas produtivas (APPF), entre o Código Florestal anterior, Lei 4.771/65, e o atual, Lei 12.651/12. Observa-se que enquanto o Código antigo reservava 6,48ha (3,01%) para APPF, o novo Código reserva apenas 2,59ha (1,20%), redução de 60% da área. Essa redução se compensa com o aumento da área produtiva legal, que de 208,66ha passa a ser 212,55ha.

Com a análise espacial da APP em ambiente SIG, é possível observar que a sua redução apresenta-se elevada devido à criação de áreas consolidadas dentro dos 50m do raio de nascentes até os 15m de APP. Assim, como o número de nascentes encontradas na propriedade pode ser considerado elevado (32), a porcentagem de APPF estimada é alta, uma vez que está intimamente relacionada ao número de nascentes em propriedades rurais maiores que 4 módulos fiscais.

A diferença entre a determinação da área protegida entre o Código Florestal revisado (4.771/65) e o Código Florestal vigente (12.651/12) impacta significativamente na área aproveitável legalmente e a APP com função de mata ciliar, ainda mais se somada com os erros de metodologia levantados no item anterior. Deste modo, os órgãos governamentais ambientais e entidades da sociedade devem levar em consideração uma legislação que visa atender, além da produção agrícola e proteção ambiental, o planejamento em longo prazo visando facilitar as estratégias de gestão do uso do solo; compra, arrendamento e fomento florestal; atendimento a princípios e critérios de órgãos certificadores; e principalmente sua aplicabilidade dentro da realidade dos produtores rurais.

Quadro 3. Quantificação da APPF entre o Código Florestal revisado (4.771/65) e o Código Florestal vigente (12.651/12), obtida pelo processamento de produtos da tecnologia LiDAR.

<b>TALHÕES</b>	<b>APPF 4.771/65</b>	<b>APPF 12.651/12</b>	<b>Total geral (ha)</b>
A0A	0,04	0,01	7,48
A1A	0,79	0,08	22,47
A2A	0,20	0,14	0,85
A3A	0,05	0,01	2,35
A4A	0,15	0,00	2,38
A5A	0,31	0,21	2,90
A6A	0,12	0,01	21,81
A7A	0,10	0,01	1,15
A8A	-	0,00	9,26
A9A	0,45	0,18	8,43
B0A	0,05	0,05	0,74
B1A	0,14	0,14	1,40
B2A	0,17	0,08	5,56
B3A	0,20	0,20	1,17
B4A	0,74	0,61	27,19
B5A	0,37	0,21	17,54
B6A	0,02	0,00	5,98
B7A	0,22	0,00	6,57
B8A	0,12	0,12	1,32
B9A	0,20	0,00	8,23
C0A	-	0,00	5,44
C1A	0,24	0,03	14,92
C2A	1,73	0,47	13,11
C3A	-	0,00	1,75
C4A	0,05	0,05	14,59
C5A	-	0,00	9,40
C6A	-	0,00	1,15
<b>Total Talhões</b>	<b>6,48</b>	<b>2,59</b>	<b>215,14</b>



#### 4.3 Análise da estimativa de APPFs na Unidade Monte Alegre - PR

De acordo com dados da empresa Klabin, em Junho de 2015, a área produtiva total na Unidade Monte Alegre – PR totalizava 143.335,5ha, sendo 3.179,31ha determinados como APPF de acordo com a tecnologia LiDAR.

Realizando uma análise de modo sumário, com o dado obtido no item 3.1, em que se identificou uma variação de mais 50% na quantificação de APPF em campo comparado ao LiDAR, a empresa poderia ter que recuar com este último método em até aproximadamente 6.346,62ha sua área produtiva, valor significativamente considerável para o planejamento e gestão do uso do solo das propriedades da empresa.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste estudo permitem concluir que:

1. A aplicação da tecnologia LiDAR para a adequação à legislação florestal, em nível de fazenda, mostrou-se viável para o uso em licenciamentos ambientais e cadastros governamentais, pois além do rápido prazo de obtenção de informações de passivos ambientais, como nascentes, rios, APPs e APPFs, a hidrografia identificada condiz na maioria das visitas com a realidade de campo. Assim, se forem obedecidos os 60m de APP determinados às margens dos rios identificados, a propriedade atenderá à adequação a legislação ambiental vigente, mas em níveis não tão rigorosos.

2. Em nível de talhão, a tecnologia LiDAR possui diversas limitações. A limitação mais significativa em comparação com o levantamento de campo é a identificação de nascentes e sua posição. Outro limitante observado foi o mapeamento digital do talhão, realizado com a Ortofoto da floresta em pé, desconsiderando detalhes de campo (declividades, fragmentos nativos, buracos), prejudicando a delimitação precisa da APPF. Além disso, não identifica o polígono (área real) do rio.

3. A adequação ambiental realizada pelo método convencional a campo apresentou rendimento operacional consideravelmente menor, ou seja, exigiu mais tempo para a entrega de informações. Além disso, foi verificado que a delimitação da APP foi maior que a prevista na Lei em muitos casos, devido à dificuldade operacional, erros no tempo real do GPS e possível falta de treinamento da equipe de topografia.

4. Em comparação com a Lei 4.771/65, a atual Lei 12.651/12 reduziu em 60% a quantidade de APPF necessária da Fazenda Morro Chato, e conseqüentemente, aumentou a área produtiva legal, devido à criação de áreas consolidadas dentro dos 50m do raio de nascentes até os 15m de APP.

Assim, a porcentagem de APPF em uma propriedade rural maior que 4 módulos fiscais é intimamente relacionada com a quantidade de nascentes encontradas.

5. A quantidade estimada de APPF da Unidade Monte Alegre, que são atuais áreas produtivas que devem ser convertidas em APP no próximo ciclo, é de 3.179,31ha pela tecnologia LiDAR, e considerando a diferença de 50% entre as metodologias encontrada no estudo de caso em questão, a APPF estimada pela adequação ambiental em campo por equipes de Topografia é de 6.346,62 ha, evidenciando a importância do estudo e planejamento desta operação tão essencial para a gestão do uso do solo da empresa.

6. Recomenda-se que a delimitação da APP pelo processamento de produtos da tecnologia LiDAR seja usada de forma combinada ao trabalho de campo, visando a manter a segurança do atendimento a legislação florestal e aos princípios e critérios de órgãos certificadores e assim, manter a sustentabilidade do negócio.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 23.793 de 23 de janeiro de 1934. Aprova o código florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Seção 1 – 09/02/1934.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166 - 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Seção 1 - 28/5/2012.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal. Revoga o Decreto nº 23.793 de 23 de janeiro de 1934. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Seção 1 - 16/9/1965.

BOTELHO, M. F.; SILVA, C. R.; SCHOENINGER, E. R.; CENTENO, J. A. S. **Comparação dos resultados de interpoladores vizinho mais próximo e inverso de uma distância no cálculo de volume a partir de dados do laser scanner**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 731-736.

CAMPOS, F. F.; MATIAS, L. F. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e sua Situação de Uso e Ocupação no Município de Paulínia (SP). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 31, n. 2, p. 309-319, 2012.

CASTRO, T. A. S. **Modelo de Gestão de Recursos Hídricos como Incentivo à Preservação e Conservação Ambiental na Propriedade Rural**. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga, MG, 2010.

COUTINHO, M. P.; MEDEIROS, J. D.; SORIANO, E.; LONDE, L. R.; LEAL, P. J. V.; SAITP, S. M. O Código Florestal Atual (Lei Federal nº 12.651/2012) e suas implicações na prevenção de desastres naturais. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 2, p. 237-256, 2013.

GUYOT, M. S. D.; CAVALCANTI, C. M. **O Novo Código Florestal: As regras gerais e implicações para o setor sucroenergético**. Piracicaba, Copersucar e ecosSISTEMAS, 2014. 69 p.

GIONGO, M.; KOEHLER, H. S.; MACHADO, S. A.; KIRCHNER, F. F.; MARCHETTI, M. Lidar: Princípios e Aplicações Florestais. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v.30, n. 63, p. 231-244, ago./out. 2010.

KLABIN – Resumo Público – Plano de Manejo Florestal 2015. Telêmaco Borba, PR, 2015. Disponível em:  
<[https://www.klabin.com.br/media/1475/resumo\\_pr\\_versao\\_site\\_2015.pdf](https://www.klabin.com.br/media/1475/resumo_pr_versao_site_2015.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2015.

RODRIGUEZ, L. C. E.; POLIZEL, J. L.; FERRAZ, S. F. B.; ZONETE, M. F.; FERREIRA, M. Z. Inventário florestal com tecnologia laser aerotransportada de plantios de *Eucalyptus spp* no Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v.6 Edição Especial, p. 67-80, 2010.

VALLE, R. S. T. Aspectos da legislação voltados para adequação ambiental de imóveis rurais. In: GUERIN, N.; ISERNHAGEN, I. **Plantar, Criar e Conservar: unindo produtividade e meio ambiente**. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2013.

VENTURI, N. L. **Benefícios do Vôo Laser para a Klabin**. In: X Simpósio de atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográficas aplicadas a Área Florestal (SENGEF) - Unicentro, Irati, 2012.

VENTURI, N. L. **Adequação Ambiental de Novas Propriedades Rurais**. In: VIII Simpósio de atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográficas aplicadas a Área Florestal (SENGEF) - Unicentro, Irati, 2008.

ZANDONÁ, D. F. **Potencial do Uso de Dados Laser Scanner Aerotransportado para Estimativa de Variáveis Dendrométricas**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.