UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) EM REGIÕES DE *CLUSTERS* FLORESTAIS NO BRASIL

LAÍS ERNESTO CUNHA

ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI (ORIENTADOR)
MARIA CAROLINA SIQUEIRA (COORIENTAÇÃO)

Brasília- DF, 05 de dezembro de 2017.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) EM REGIÕES DE *CLUSTERS* FLORESTAIS NO BRASIL

Discente: Laís Ernesto Cunha 11/0149823
RG: 2949289 SSPDF

Orientador: Eraldo A. T. Matricardi

Coorientador: Maria Carolina Siqueira

Projeto de pesquisa apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília, 05 de dezembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Especialmente agradeço aos meus pais, Luís Eduardo Martins Cunha e Ana Cláudia Ernesto Cunha, que sempre me permitiram e estimularam estar em contato com a natureza, e me ofereceram todo o incentivo e suporte durante todas as etapas da graduação. Agradeço à minha irmã Nara, e a minha companheira, Carla por todo incentivo e força ao final do curso. Também sou grata pelo apoio dos amigos Paulo Victor, Rafaela, Ígor e Jéssica, sempre dispostos a me ajudar em tudo, e às minhas companheiras de esporte, do time de futebol americano Brasília Pilots, que me permitiram extravasar e renovar as energias. Agradeço imensamente ao meu orientador Eraldo, por ser sempre tão disposto e paciente, e contribuir significativamente com minha formação. Agradeço aos grandes amigos que fiz durante o curso, Lucas Brandão e Milena Coelho, cuja companhia fez a passagem pela florestal inesquecível. Agradeço à Mariana Cheade e Mariella Buti, do ICMBio por terem me ensinado os fundamentos de SIG e do software ArcGis, conhecimentos que me permitiram crescer como profissional. E por fim, agradeço a toda equipe Agricultura e Alimentos da WWF - Brasil, em especial ao Edegar de Oliveira Rosa e a Carolina Siqueira, que com toda orientação, paciência e amizade me guiaram a respeito da temática para concluir com êxito esse trabalho.

RESUMO

Esse trabalho de pesquisa envolveu a identificação de áreas potenciais para a implantação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), baseada na localização espacial de *clusters* florestais apresentando característica de interface de áreas de lavoura e pecuária. Os resultados alcançados na presente análise de *cluster* florestal foram correspondentes aos principais mercados do setor no país. Para as três culturas agrícolas selecionadas, soja, milho e algodão, foram identificadas as mesmas áreas de sobreposição, indicando regiões de maior viabilidade de implantação de sistemas completos de ILPF na região central do Mato Grosso do Sul e na região do nordeste de Minas Gerais, ambas com áreas cruzando as divisas com Goiás, à sudeste e sudoeste. Para incentivar os donos da terra a utilizarem os sistemas de ILPF nessas regiões de *cluster* florestais identificados neste estudo, é fundamental a existência de mercados consumidores próximo às áreas de plantio de florestas e de formas de escoamento da produção florestal, economicamente viáveis. Com isso, haveria um aumento substancial do sucesso dos proprietários dos sistemas mapeados.

Palavras chave: ILPF. *Cluster* Florestal. Estudo de viabilidade de implantação de *Clusters* florestais no Brasil.

ABSTRACT

This research work involved the identification of potential areas for the implantation of crop-livestock-forest integration systems (ILPF), based on the spatial location of forest clusters presenting interface characteristics of crop and livestock areas. The results obtained in the present analysis of forest cluster were corresponding to the main markets of the sector in the country. For the three selected agricultural crops, soybean, maize and cotton, the same overlapping areas were identified, indicating regions of greater viability for the implementation of complete ILPF systems in the central region of Mato Grosso do Sul and in the northeast region of Minas Gerais, both with areas crossing the borders with Goiás, to the southeast and southwest. To encourage landowners to use ILPF systems in these forest cluster regions identified in this study, it is critical to have more recent markets in the areas of economically viable forest planting and forms of forest production.. With this, there would be a substantial increase in the success of owners of mapped systems.

Keywords: ILPF. Forest Cluster. Study of feasibility of implementation of forest clusters in Brazil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
2. PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA 11
3. OBJETIVO 12
2.1. OBJETIVO GERAL 12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
4.1. COP21 – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS 13
4.2 AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO (ABC) 13
4.3. PANORAMA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NO BRASIL 16
4.4. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) 17
4.5 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ILPF 19
4.6 IMPORTÂNCIA DO MERCADO MADEIREIRO NO CONTEXTO DO ILPF 23
4.7 IMPORTÂNCIA DO FATOR FLORESTAL 28
4.8 DEFINIÇÃO DE CLUSTER 29
4.9 CLUSTER FLORESTAL OU MADEIREIRO 30
4.10 ANÁLISE DE HOT SPOT (HOT SPOT ANALYSES) 31
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 31
5.1 ÁREA DE ESTUDO 31
5.2 BASE DE DADOS 32
5.3 PROCESSAMENTO 33
5.4 PÓS-PROCESSAMENTO 34
6. RESULTADOS 35
7. CONCLUSÃO 40
REFERÊNCIAS 42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Adoção de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Brasil na safra 2015/2016. 18
Figura 2- Evolução da Áreas de Adoção do ILPF, em milhões de hectare, entre 2005 e 2015. 19
Figura 3- Principais objetivos da ILPF. 20
Figura 4 - Representação das associações entre os componentes dos sistemas de produção que formam as quatro modalidades da estratégia ILPF. 21
Figura 5 - Cadeia de Produtos Oriundos de Florestas Plantadas no Brasil. 24
Figura 6- Evolução da Área de Florestas Plantadas com Eucalyptus e Pinus no Brasil (2006-2014) .. 25
Figura 7 - Localização da área do Brasil na América do Sul. 32
Figura 8 - Esquema de aplicação da ferramenta HotSpot Analysis. 34
Figura 9 – Localização espacial das Florestas Plantadas do Brasil (GFW). 35
Figura 10 – Distribuição espacial de hotspots de florestas plantadas no Brasil. 36
Figura 11 – Distribuição espacial dos *hotspot* da Interface ILPF (Floresta, Soja e Gado). 38
Figura 12 – Distribuição espacial de *hotspot* da Interface ILPF (Floresta, Milho e Gado)..... 39
Figura 13 – Distribuição espacial dos *hotspots* A da Interface ILPF (Floresta, Algodão e Gado). 40

LISTA DE ABREVIATURAS

AAF - Autorização Ambiental de Funcionamento

ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

APP – Área de Preservação Permanente

BPA - Boas Práticas Agropecuárias

C&P - Celulose e Papel

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio

GEE - Gases de Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

ILF - Integração Lavoura-Floresta

ILP - Integração Lavoura Pecuária

ILPF – Integração Lavoura Pecuária e Floresta

IPF - Integração Pecuária-Floresta

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PIB - Produto Interno Bruto

PSS - Plano de Suprimento Sustentável

RL - Reserva Legal

SAF - Sistemas Agroflorestais

SPD - Sistema Plantio Direto

UNFCCC – *United Nations Framework Convetion on Climate Changes* - Convenção-Quadro das Nações Unidas em Relação à Mudança do Clima

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de Integração Lavoura Pecuária-Floresta (ILPF) consistem na produção agrícola, pecuária e florestal, em plantios em rotação, consorciação e/ou sucessão (Embrapa, 2017). Esses sistemas estão contidos nos planos, programas e projetos de diminuição de emissão de gases de efeito estufa, tais como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e demais por órgãos ligado às questões do desenvolvimento da agricultura, pecuária e silvicultura estão incentivando os produtores rurais a adotarem, quando viável, os citados sistemas. (EMBRAPA, 2016).

Planos, programas e projetos governamentais, que visam incentivar proprietários de terra a investirem na implantação de sistemas de ILPF, depende de uma estratégia que considere, geograficamente, a existência de cluster florestal nas áreas alvos escolhidas para a consecução das metas do setor público. O entendimento desses aglomerados, ou *hotspots*, em conjunto com análises simples do mercado florestal presente na região determinada, avaliando a presença de empresas florestais, porte das empresas, e quando disponível, suas receitas e indicadores de desenvolvimento da região (IDH, malha rodoviária etc.), são fatores que podem avaliar a presença de um cluster.

Uma vez conhecida a localização dos *Clusters* Florestais, usando análises espaciais das principais safras agrícolas e pecuárias do país, foi possível determinar zonas de convergência onde o sistema completo ILPF pode ser mais prontamente adotado. Nessas zonas o elemento florestal pode ser considerado funcional e economicamente viável.

Este trabalho de pesquisa envolveu a definição de áreas com potencial para a implantação de sistemas de ILPF, baseada no mapeamento de cluster florestal, que tenha como sobreposição, áreas de lavoura e pecuária. Isso pode aumentar, em muito, o sucesso dos referidos sistemas. Os resultados deste estudo são úteis para dar suporte aos tomadores de decisão para a definição de estratégias de fortalecimento dos produtores com sistemas de ILPF no Brasil.

2. PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA

A partir da necessidade de adequação do cenário agropecuário nacional às demandas relativas à agricultura ABC (Agricultura de baixa emissão de carbono), que dentre suas metas visa a diminuição das emissões de Gases de Efeito Estuda (GEEs), os Sistemas Produtivos Integrados (Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta – ILPF) se apresentam como alternativa de produção sustentável econômica e ambientalmente. Um dos problemas para a implantação dos sistemas ILPF, entretanto, é a falta de conhecimento das regiões com maior potencial para a adoção desses sistemas considerados mais completos. A definição de áreas potenciais para a implantação de sistemas de Integração Lavoura Pecuária e Florestas (ILPF), com o fator florestal funcional, baseada no mapeamento de *cluster* florestal, pode contribuir para melhorar a eficiência desses sistemas. O conhecimento das áreas potenciais para integração pode influenciar a disseminação da informação entre técnicos e produtores, aumentando a adoção do sistema completo ILPF. Assim, as questões que nortearam o presente trabalho de pesquisa foram: Quais os critérios para a definição de clusters florestais e como podemos definir uma modelagem para a predizer as melhores áreas potenciais de interface (lavoura-pecuária-floresta)? Onde estão as áreas com maior potencial para o Fomento de sistemas de ILPF? Por que estão ali e não em outros lugares?

3. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo buscou definir regiões com maior potencial de implantação e fortalecimento de sistemas de ILPF, a partir de mapeamento dos principais *clusters* florestais, onde setor florestal é mais desenvolvido e pode exercer influência na implementação de sistemas de integração com o componente florestal efetivo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir critérios para o mapeamento dos principais nichos de florestas plantadas utilizando a ferramenta *hotspots*;
- Entender o mercado florestal regional das áreas de interesse para integração; e
- Avaliar a viabilidade da implantação de consórcios ILPF nas principais regiões de *clusters* florestais selecionadas;

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. COP21 – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A crise ambiental é formada por outras crises. A da diminuição drástica da biodiversidade, a da poluição e escassez hídrica, a crise socioeconômica, devido as relevantes diferenças de renda, entre outras. Mas a crise climática, essa sim, pode abalar toda a estrutura de funcionamento dos atuais processos ocorrentes na biosfera. (WWF, 2014).

No espaço de 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015, em Paris, na França, ocorreu a Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas em Relação à Mudança do Clima (UNFCCC) e a 11ª Reunião das Partes no Protocolo de Quioto (MOP-11). (EMBRAPA, 2016). A COP21 procura alcançar um novo acordo internacional em relação ao clima, ajustável a todos os países, com o objetivo de preservar o aquecimento global abaixo dos 2°C. A UNFCCC foi recepcionada durante a Cúpula da Terra do Rio de Janeiro, em 1992, tendo início no dia 21 de março de 1994. Ela foi ratificada por 196 Estados, que compõe as "Partes" para a Convenção (EMBRAPA, 2016).

O documento, denominado de Acordo de Paris, foi confirmado pelas 195 partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e pela União Europeia, durante a 21ª Conferência das Partes (COP21). Uma das metas é conservar o aquecimento global "muito inferior a 2ºC", procurando ainda "esforços para fixar o aumento da temperatura a 1,5 ° C acima dos níveis pré-industriais" (EMBRAPA, 2016).

4.2 AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO (ABC)

Para contribuir com o todo, o Brasil deseja implementar no setor agrícola o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) como fundamental estratégia para o desenvolvimento sustentável na agricultura. Até mesmo por meio da restauração complementar de 15 milhões de hectares de pastagens deterioradas até 2030 e pelo incremento de 5 milhões de hectares de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Florestas (ILPF) até 2030 (MAPA, 2016).

Existem algumas políticas públicas que foram criadas para subsidiar atividades da agricultura e pecuária no Brasil, com o objetivo de desenvolver e aprimorar o agronegócio. Esses programas públicos ajudam não somente aumentar de forma significativa o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio no país, como inclusive, inserir nos processos produtivos tecnologias sustentáveis (EMBRAPA, 2017).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012), o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação do Plano ABC, que é um dos planos setoriais confeccionado de acordo com o artigo 3° do Decreto n° 7.390/2010. Tem por escopo a ordenação e o planejamento das ações a serem efetivadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, escolhidas com o objetivo de atender aos compromissos de abatimento de emissão de GEE no setor agropecuário assumidos pelo país.

O Plano ABC permite inserir ao processo produtivo as tecnologias sustentáveis, produzir de maneira mais eficiente, aumentar a renda dos produtores rurais com a diversificação da produção, diminuir as agressões ao meio ambiente e diminuir a emissão de GEE (CAPB, 2012). O objetivo geral do Plano ABC é proporcionar a diminuição das emissões de GEE na agricultura, aumentando a eficiência no uso de recursos naturais e incrementando a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais, permitindo a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas, cuja validade é até o ano de 2020 (MAPA, 2012).

De acordo com o MAPA (2012), o Plano ABC tem por metas diminuir as emissões de gases de efeito estufa, provenientes das atividades agropecuárias; reduzir a retirada de vegetação; promover a produção agropecuária em bases sustentáveis; adequar as propriedades rurais à legislação ambiental; aumentar a área de florestas cultivadas e incentivar a recuperação de áreas degradadas. O Plano ABC é composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação e ainda um último programa com ações de adaptação às mudanças climáticas:

- Programa 1: Recuperação de Pastos Degradados;
- Programa 2: Integração ILPF e Sistemas Agroflorestais (SAFs);
- Programa 3: Sistemas de Plantio Direto (SPD);

• Programa 4: Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN);
• Programa 5: Florestas Plantadas;
• Programa 6: Tratamento de Dejetos Animais;
• Programa 7: Adaptação às Mudanças Climáticas.

A partir da necessidade de adaptação do cenário agropecuário nacional às demandas relativas à agricultura, no Plano ABC, foram definidas diversas metas. Dentre as metas, destaca-se o encolhimento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) em 37% até 2025 e 43% até 2030. Assim, o estabelecimento de Sistemas Produtivos Integrados (Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta – ILPF) se tornou prioridade como alternativa de produção sustentável. O objetivo estipulado pelo plano ABC em 2009 era de aumentar 4 milhões de hectares a área com ILPF em todo país até 2020 (MAPA, 2012).

Conforme o MAPA (2012), a meta foi atingida entre 2010-2015, com acréscimo de 5,96 milhões de hectares, responsável pelo sequestro de 21,8 milhões de toneladas de CO_2 equivalente. A nova meta, adicionada por intermédio da ratificação do Acordo de Paris em relação a Mudança do Clima pelo governo brasileiro, totaliza 9 milhões de hectares de incremento até 2030.

De acordo com o relatório de 2010 do Banco Mundial, as atividades da área agrícola são responsáveis por volta de 43% da emissão de CH_4 (gás metano) e, em média, de 67% da emissão de N_2O (óxido nitroso). No Brasil, as estatísticas relacionadas às emissões de GEE pela agricultura são expressivamente mais preocupantes (GOUVELLO, 2010).

A ILPF está incluída em uma dessas políticas públicas que fomentam essa tecnologia no país, o Plano ABC. Esse Plano tem finalidade de elaborar o planejamento das ações a serem efetivadas para adoção das tecnologias sustentáveis de produção, selecionadas para responder aos compromissos assumidos pelo país de redução de emissão de GEE no setor agropecuário (MAPA, 2012).

As práticas de integrar lavouras, pastagens e florestas surgiram na Europa desde os primórdios da agricultura, quando o ser humano, com intuito de aumentar a produção, as realizava de forma racional, com vários tipos de plantios entre culturas anuais e perenes,

frutíferas e árvores madeireiras (DUPRAZ & LIAGRE, 2008). Sistemas integrando árvores frutíferas com pastagens datam desde o Século XVI, mas, no entanto, um dos agentes do seu quase desaparecimento foi à mecanização e o aumento dos sistemas agrícolas, além da dificuldade da colheita manual das frutas e de questões meramente administrativas (DUPRAZ e LIAGRE, 2008).

4.3. PANORAMA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NO BRASIL

É imprescindível produzir de forma mais sustentável, onde os impactos ambientais sejam minimizados e os recursos naturais protegidos. A preservação ambiental é algo que deve ser colocada em prática por todas as organizações e pessoas, uma vez que os recursos disponíveis estão se tornando cada vez mais escassos, prejudicando os segmentos produtivos no mundo.(ALMEIDA, 2012).

A ILPF é o plano de produção mais sustentável que converge atividades agrícolas, pecuárias ou florestais efetivadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado. A ILPF contribui para recuperação de áreas degradadas, conservação e reconstituição da cobertura florestal e vegetal, progresso e geração de emprego e renda, adoção de Boas Práticas Agropecuárias (BPA), aperfeiçoamento das condições sociais e contribui notadamente para a redução da emissão de GEE (MAPA, 2015).

De acordo com a Embrapa (2009), uma das opções das Estratégias Integradas de produção agrícola são os sistemas de integração ILPF, como alternativa para diminuir a emissão de GEE, sem desacelerar a produção no campo. A ILPF, é um agroecossistema que aumenta a produção e, ao mesmo tempo, mantém os bens naturais, uma vez que converge atividades agrícolas, pecuárias e florestais, fazendo com que, integrem, numa mesma área por meio da sincronização de suas etapas produtivas, que se retroalimentam.

O sistema de ILPF possui uma parceria público-privada, chamada Rede de Fomento ILPF, que teve início em 2012, composta pela união entre as empresas Cocamar, *Dow AgroScience*, *John Deere*, *Parker*, *Syngenta* e a Embrapa. Possui o propósito principal de acelerar ampla

adoção dos sistemas de ILPF por produtores rurais, como parte de um esforço aspirando à intensificação sustentável da Agricultura Brasileira (REDE FOMENTO ILPF, 2016). A Rede de Fomento ILPF é co-financiada pelas organizações privadas e pela Embrapa. Apoia uma rede com 97 Unidades de Referência Tecnológica, distribuídas em todos os biomas brasileiros e envolve a presença de 19 Unidades de Pesquisa da Embrapa (REDE FOMENTO ILPF, 2016).

4.4. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Motivadas a desvendar a questão da deterioração das pastagens, algumas organizações voltadas à pesquisa, como por exemplo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, iniciaram o desenvolvimento de soluções e a transladação de tecnologias para refazer pastagens usando os Sistemas de Integração Lavoura Pecuária - ILP (KLUTHCOUSKI et al., 1991). De acordo com a Sociedade de Investigações Florestais (SIF, 2016), no interior dos sistemas ILPF há quatro modalidades de integração: Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Sistema Agropastoril; Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Sistema Silviagrícola; Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Sistema Silvipastoril; e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Sistema Agrossilvipastoril.

Os sistemas integrados auxiliam na recuperação de pastagens degradadas, reconstituição da cobertura florestal, aumento no índice de empregabilidade e uso de boas práticas agropecuárias. A ILPF vem se destacando e trazendo relevantes vantagens para as propriedades rurais. A referida integração, por sua vez, se caracteriza como um agroecossistema que simultaneamente conserva os recursos naturais e maximiza a produção no campo (BALBINO; BARCELOS; STONE, 2011).

No Brasil a Integração Lavoura Pecuária (ILP) é mais recente, foi a partir da década de 1960, com a adição do consórcio (arroz de sequeiro em pastos de braquiária) devido a um forte problema enfrentado, que era a degradação de pastagens que a Embrapa iniciou e desenvolveu respostas para recuperar áreas degradadas com sistemas de ILP. Logo, foram desenvolvidos: o Sistemas Barreirão (1980) e o Sistema Santa Fé (1990). Anos mais tarde houve a inserção do elemento florestal (KLUTHCOUSKI et al., 1991).

Num cenário de futuro, a busca crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais, em confrontação à necessidade de diminuição de desmatamento e mitigação da emissão de gases de efeito estufa, necessita de soluções que incentivem o desenvolvimento socioeconômico sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. O aumento do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar esses interesses (EMBRAPA, 2016).

A partir dos resultados da pesquisa encomendada pela Rede de Fomento ILPF e conduzida pelo *Kleffmann Group* na safra 2015/2016, foi observado que o Brasil possui hoje uma área de 11.468.124 hectares de sistemas integrados de produção. Os maiores polos de integração estão localizados no estado de Mato Grosso do Sul (2.085.518 ha), Estado de Mato Grosso (1.501.016 ha), Estado do Rio Grande do Sul (1.457.900 ha), Estado de Minas Gerais (1.046.878 ha), estado de Goiás e o DF (943.934 ha). A Figura 1 apresenta mais detalhes da distribuição espacial desses sistemas no Brasil.

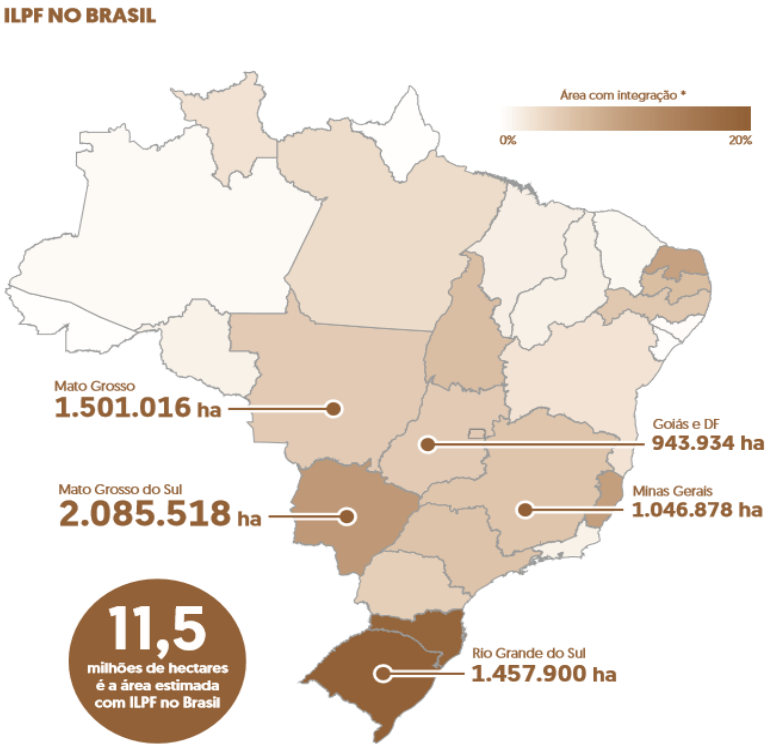


Figura 1 – Adoção de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Brasil na safra 2015/2016. Fonte: EMBRAPA (2016).

Dentre as quatro alternativas de configuração do sistema produtivo, a união da lavoura-pecuária é a mais adotada pelos produtores. Em dez anos, a área utilizada pela ILPF aumentou em quase 10 milhões de hectares. A Figura 2 apresenta a ampliação do sistema produtivo considerando-se um crescimento linear entre 2005 e 2015.

Figura 2- Evolução da Áreas de Adoção do ILPF, em milhões de hectare, entre 2005 e 2015.

Fonte: EMBRAPA (2016).

Existem alguns números que deveriam ser evidenciados:

- 29% de quem usa ILPF adotou o sistema entre 2011 e 2015;
- No mesmo período, a área média com ILPF aumentou de 4,3% para 9,4% da área agricultável das fazendas;
- Entre os criadores de gado que usam a ILPF, a presunção é de que o espaço médio destinado à ILPF chegue a 20,6% da área agricultável das propriedades em 2030; e
- 35% dos pecuaristas que jamais fazem ILPF afirmam que adotariam a tecnologia. 29% não sabem. 84% dos pecuaristas estão satisfeitos com os sistemas ILPF.

4.5 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ILPF

Conforme acordo com Venturin et al. (2010), o sistema ILPF é definido pela disposição regular de árvores no decorrer da área, permitindo, assim, espaçamentos variáveis. Um dos principais atributos do sistema é a conversão de pastagens degradadas em sistemas mais produtivos, onde nas entrelinhas das espécies arbóreas, utilizam-se espécies agrícolas. Nesses casos, as espécies agrícolas mais indicadas incluem o arroz, o feijão, o milho e a soja, com o ciclo de cultivo dependente do sombreamento das árvores. Os principais objetivos da ILPF são apresentados na Figura 3.

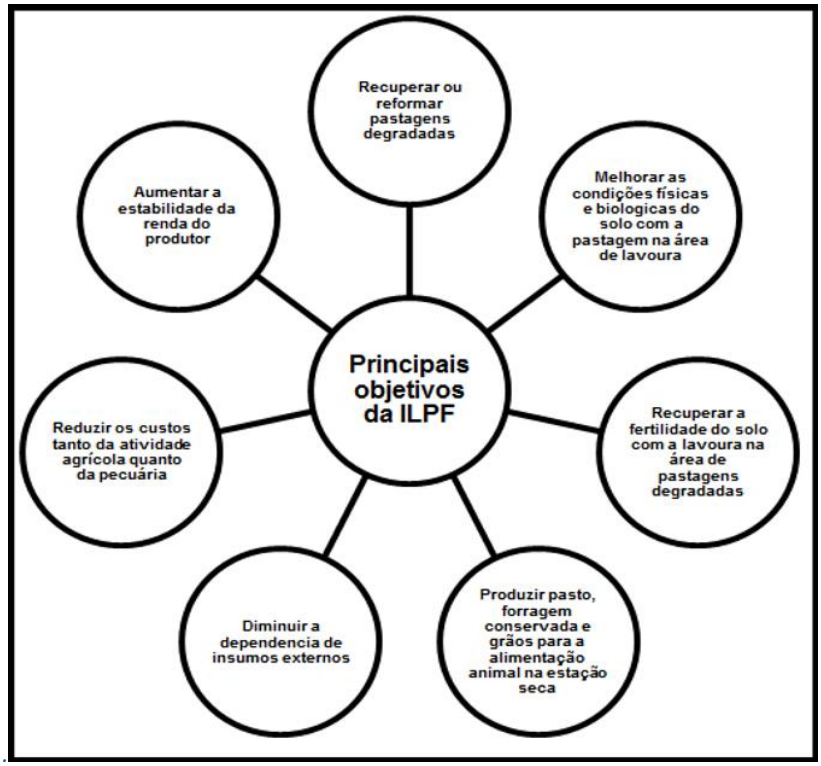


Figura 3- Principais objetivos da ILPF.
Fonte: Cordeiro et al. (2015).

Os sistemas de integração podem ser classificados e definidos em quatro modalidades (Figura 4), contemplando os sistemas de integrações agropastoris (lavoura e pecuária), silviagrícolas (floresta e lavoura), silvipastoris (pecuária e floresta) ou agrossilvipastoris (lavoura, pecuária e floresta) (BALBINO; BARCELOS; STONE, 2011).

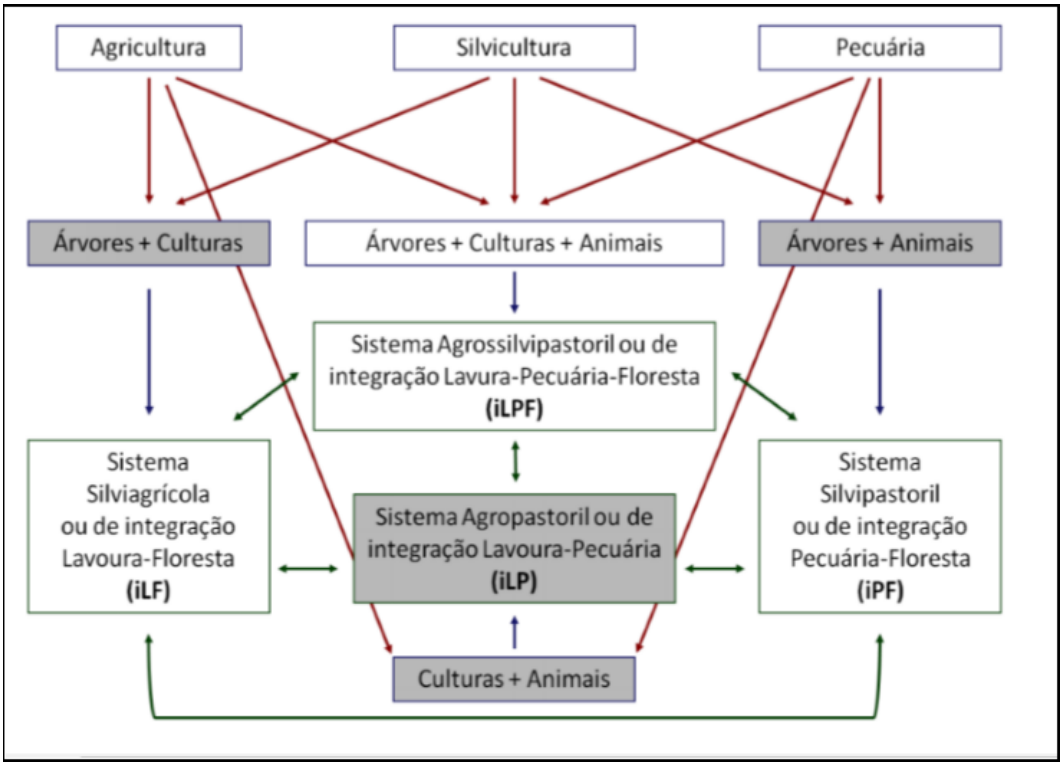


Figura 4 - Representação das associações entre os componentes dos sistemas de produção que formam as quatro modalidades da estratégia ILPF.
Fonte: Garcia et al. (2005).

De acordo com Balbino; Barcelos & Stone (2011), a adesão de um sistema de ILPF gera uma extensa lista de benefícios e vantagens de cunho tecnológico, ecológico e ambiental, econômico e social. Como benefícios tecnológicos destacam-se:

• Crescimento do bem-estar animal em decorrência do maior conforto térmico;
• Melhoria das condições climáticas, devido à inserção do elemento florestal;
• Melhoria da umidade do ar;
• Diminuição da proporção dos ventos e redução da temperatura térmica;
• Melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, devido ao crescimento da matéria orgânica; e
• Obtenção de maior eficiência na aplicação de insumos e ampliação do balanço positivo de energia.

Os benefícios ecológicos e ambientais são inúmeros ao se adotar a ILPF. Além de imprescindíveis, o objetivo maior da ILPF é ser uma estratégia mais sustentável de produção. Quando se adota a citada técnica, ocorre:

• A diminuição da pressão para abertura de novas áreas cultiváveis;

• A diminuição do uso de agroquímicos para controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas;

• A diminuição do risco de erosão;

• A melhoria na qualidade das águas; e

• A redução do aquecimento global, devido a um maior sequestro de carbono.

Destacam-se como benefícios econômicos e sociais:

• A fixação do ser humano no campo e maior inserção social pela geração de emprego e renda no campo;

• O incentivo à qualificação profissional;

• A melhora na qualidade de vida do produtor e da sua família; e

• O crescimento e diversificação da renda dos empreendimentos rurais.

Ao utilizar sistemas de ILPF, acontece a redução da deterioração física, química e biológica do solo, efeito de cada uma das explorações (KLUTHCOUSKI e STONE, 2003). É possível se ter um controle mais eficiente de insetos, pragas, doenças e plantas daninhas, permitindo a redução do uso de agrotóxicos (VILELA et al., 2008).

Ainda persiste uma resistência e um conservadorismo em relação à adesão de tecnologias por parte dos produtores. Eles se opõem a realizar alterações nas formas de manejo mecanizado, em que o adensamento dificulta as operações mecanizadas (BALBINO; BARCELOS; STONE, 2011).

Em relação ao elemento arbóreo, as espécies mais usadas são: o eucalipto, o mogno, o nim indiano, o cedro australiano, o paricá, o mogno africano, o pau-de-balsa, a acácia, a leucaena, a albizia, a gliricidia, a jurema-preta, dentre outras espécies (SANTOS, 2010). Algumas propriedades no Brasil são consideradas bons exemplos para a inspiração de outros fazendeiros, pois ao obterem êxito na implantação da ILPF, acabam motivando outras propriedades a seguirem o exemplo, implantando o sistema em suas propriedades.

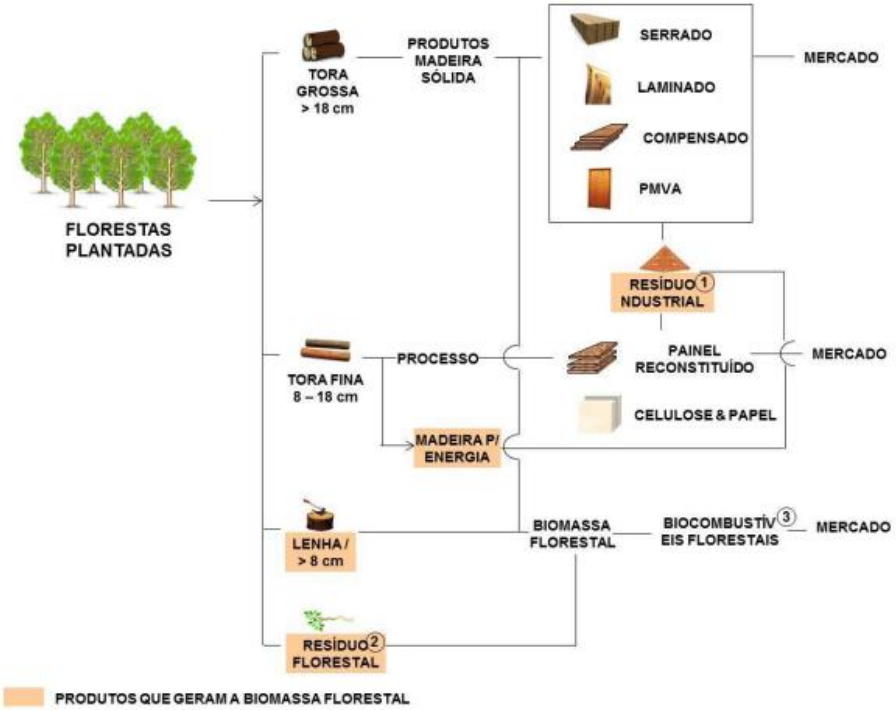
A Fazenda Santa Brígida, localizada no município de Ipameri (GO), se caracteriza como uma fazenda modelo de referência em ILPF. A proprietária, Sra. Marize Porto Costa, conta a história de sua propriedade que em 2006 estava com pastagens degradadas e a pecuária com baixa eficiência. Ao constatar a deterioração direta dos pastos, ela decidiu buscar orientação na Embrapa. Foi assim que conheceu os sistemas de ILPF (REDE FOMENTO ILPF, 2016).

Após uma década de acolhida do sistema, a Senhora Marize agora vê as pastagens da fazenda globalmente recuperadas. “Tudo o que quero agora é aumentar o valor agregado em cada um dos itens”, afirma. Para isso, a ideia é tornar intensa a produção de soja e milho na mesma área, produzir carne de animais oriundos de cruzamento industrial e conduzir as árvores do sistema para a produção de madeira (REDE FOMENTO ILPF, 2016). Outro caso de sucesso é o de uma pequena propriedade, o sítio Sempre Verde, localizado também no município de Ipameri em Goiás (GO), propriedade da família do agricultor Sr. Alex Silva, que também merece evidência, pois foi com orientação da Embrapa, que ele implantou na fazenda um sistema de ILPF (CALDAS, 2016).

4.6 IMPORTÂNCIA DO MERCADO MADEIREIRO NO CONTEXTO DO ILPF

De acordo com estimativas do Ibá (2016), a área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,7 milhões de hectares em 2016, crescimento de 1,8% em relação ao ano antecedente. Esse total corresponde a apenas 0,9% da superfície brasileira. Os plantios de eucalipto ocupam um total de 5,6 milhões de hectares no país, 72% do total de florestas plantadas.

A figura 5 mostra a cadeia produtiva baseada em florestas plantadas com perspectiva na produção de biomassa.



1 – Resíduo industrial (casca, costaneira, refilos, destopos, serragem, maravalhas, outros)
2 – Resíduo florestal (ponteiras, galhos, casca, ramos, outros)
3 – Biocombustíveis florestais (carvão, briquete, pellet, etanol celulósico, licor negro, outros) Fonte: Elaborado por STCP.
Figura 5 - Cadeia de Produtos Oriundos de Florestas Plantadas no Brasil.
Fonte, AGROICONE. (2015).

Conforme AGROICONE. (2015), os produtos predominantemente passíveis, na cadeia, de serem transformados em biomassa florestal são:

- De origem das toras finas com diâmetros de 8 a 18 cm, a madeira para energia;
- Madeiras com diâmetros inferior a 8 cm;
- Substrato florestal, originários das intervenções de apares e ainda de corte terminante na floresta, tais como, cascas, ponteiras, ramos e galhos dentre outros;
- Substrato industrial, oriundo das intervenções de processamento industrial, dentre os quais, sobressai-se a serragem, as maravalhas, a casca, a costaneira, os refilos, os destopos, e outros.

A evolução (2006-2014) da área de florestas plantadas com Pinus e *Eucalyptus* no Brasil pode ser observada na Figura 6. Nesse caso consideraram-se somente as duas mais importantes espécies florestais cultivadas no país, pois a soma da área de todas as demais espécies (Acácia, Paricá, Araucária, Seringueira e outras), representa abaixo de 10% do total.

Além disso, as duas espécies aqui consideradas são aquelas, maiormente usadas com fins energéticos. (IBÁ, 2015).

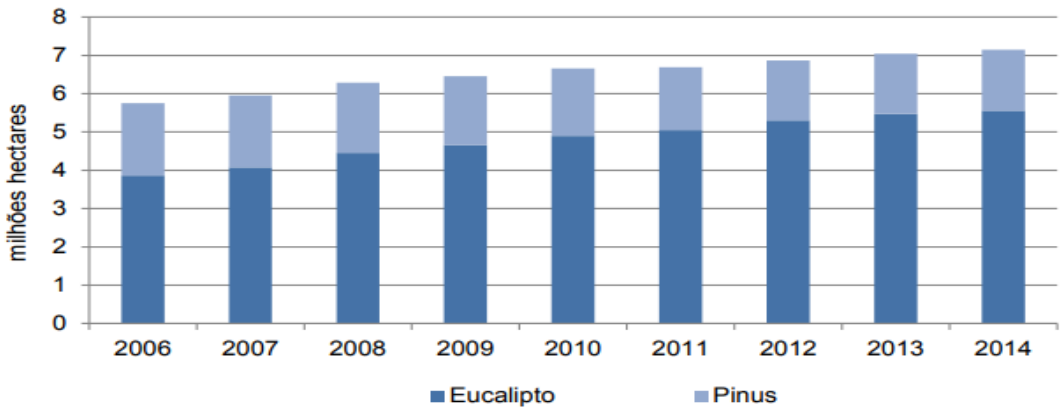


Figura 6- Evolução da Área de Florestas Plantadas com Eucalyptus e Pinus no Brasil (2006-2014)

Fonte: IBÁ (2015), compilado por STCP.

Em relação às áreas de florestas de *Eucalyptus*, as quais somam 5,6 MM de ha, quatro estados em conjunto abrangem ao redor de 70% do total. O mais importante desses estados é Minas Gerais com 25% da área plantada, seguidos por São Paulo com 18% (ambos localizados na Região Sudeste do país), Mato Grosso do Sul com 15% (região Centro-Oeste) e a Bahia (região NE), que é possuidora de 11% das áreas de plantadas de *Eucalyptus* do Brasil (IBÁ, 2015).

Essencialmente as florestas de *Eucalyptus* em tais estados são usadas na indústria de C&P (São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia) e na siderurgia a carvão vegetal (Minas Gerais). Em Minas Gerais estão localizadas as mais importantes siderúrgicas do país, fato que corrobora a maior presença do estado nas regiões de florestas plantadas com *Eucalyptus*.

Considerando-se as florestas de Pinus, que somam no país mais ou menos 1,6 MM de hectares, nota-se que as mesmas são mais concentradas nos seguintes estados: Paraná (42%), Santa Catarina (34%), Rio Grande do Sul (12%) e São Paulo (8%). Os três primeiros compõem a Região Sul do país e São Paulo é representante da Região Sudeste do Brasil. (AGROICONE, 2015).

Ainda de acordo com AGROICONE (2015), ressaltam-se como fundamentais fragmentos de consumo da biomassa florestal, setor de base florestal plantada: a Siderurgia, a Celulose e

Papel (C&P), a Indústria de Madeira. Analisemos a seguir os principais realces no que se refere ao consumo de geração de energia para estes segmentos:

• Celulose e Papel (C&P)

Em 2014, o setor industrial da C&P teve um consumo de 8.052 10^3 tep da biomassa florestal para a coprodução de energia, o que significa 12% do total utilizado desta fonte energética. No setor industrial da C&P, a coprodução de energia é conseguida por meio do vapor produzido por caldeiras da linha de fibras, secadora de celulose e branqueamento. A maior parte do manancial energético do setor industrial de C&P decorre da utilização de licor negro e de biomassa, dessa forma, a demanda de energia elétrica pelo referido setor é ínfima. Estimulados pelo acréscimos dos custos dos insumos energéticos (diesel para formação de vapor e energia elétrica da rede), o setor industrial cada vez mais busca por projetos sustentáveis, visando maior econômica de energia.

• Indústria Madeireira

Estima-se que sejam produzidos no Brasil cerca de 30 milhões de toneladas anuais de resíduos de madeira. Sendo a indústria madeireira a maior fonte produtora destes resíduos (91%). Comparavelmente, pode-se considerar desprezível a utilização desses sub produtos, na construção civil (3%) e na área urbana (8%).

• Siderurgia

Outro caso a ser citado é a utilização da biomassa florestal para coprodução de energia na indústria de ferro-gusa e aço 2,8 MM tep, o que representa aproximadamente, 4% do total utilizado dessa fonte de energia. No Brasil, país com grande potencial de florestas de crescimento rápido, o uso do carvão vegetal tende sempre a ser uma opção mais econômica que o carvão mineral

Para o abastecimento das citadas indústrias e demais consumidores, é fundamental que a implantação de programas de desenvolvimento de ILPF levem em apreciação as limitações e oportunidades compreendendo aspectos ambientais e legais identificados em políticas públicas, no âmbito federal e estadual. Para tanto, foram eleitas limitações e chances relacionadas com o tema, a partir dos temas mais importantes correlacionados com o objetivo deste estudo.

De acordo com Agroicone (2015), as limitações e chances definidas na esfera federal, foram as seguintes: Limitações referentes ao que restringe o acesso e utilização do solo:

- Ressalvas referentes às Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs). São regulamentadas pela Lei Federal nº 12.651/12 (novo Código Florestal);
- Vulnerabilidade na aquisição e arrendamento de terras por parte de estrangeiros;
- Vantagens referentes à existência de políticas para fontes alternativas de energia ou plantios florestais.

Para a referida associação, uma oportunidade atual no novo Código Florestal é a de não obrigação de autorização prévia para plantios florestais de espécies nativas ou exóticas (Art. 35), o que se traduz em outra oportunidade para atividade, de extinção de tal exigência. De algum modo, em termos práticos, alguns Estados continuam exigindo autorização ou licenciamento para a atividade de reflorestamento, ainda que tal exigência seja questionável, diante de tal previsão inserida na nova lei federal.

Na esfera estadual as restrições e oportunidades elencadas foram:

- Restrição: Aumentar as exigências para liberação de plantios florestais;
- Oportunidades: Menor exigência para autorização de plantios florestais (dispensa de licenciamento ambiental) e política de desenvolvimento ou incentivo florestal; e
- Outros: Restrições e oportunidades apontadas, reconhecidamente importantes para este estudo. (AGROICONE, 2015).

De acordo com a AGROICONE (2015), as condições fundamentais das vantagens comparativas do Setor Florestal Brasileiro são descritas:

- Condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo florestal vis-à-vis outros países, ocasionando espontaneamente grandes produtividade no plantio;
- Grande extensão de áreas degradadas no Brasil com inclinação para projetos de reflorestamento, diferentemente de outros países com elevadas produções;

- Grande áreas com florestas nativas, com possibilidade de exploração conforme planos de manejo sustentável;
- Períodos de rotação curtos (principalmente para madeira de biomassa) para as espécies, por volta de sete anos, beneficiando o fluxo de caixa dos projetos de reflorestamento no País.

De acordo com a AGROICONE (2015), as principais condições existentes das vantagens competitivas do Setor Florestal Brasileiro podem ser assim descritas:

- Estoque florestal plantado de diversas idades, espécies e localizações;
- Oferta de madeira fina em polos florestais principalmente região Sul;
- Baixos custos, de formação florestal, bem como de operações florestais;
- Formas de manejo produzidos particularmente para potencialização da produção, considerando localidade, espécies, condições edafoclimáticas, entre outros;
- Baixo custo de mão de obra em relação a outros países produtores florestais (exceto China);
- Menor custo da terra para produção florestal do que para a produção agrícola;
- Diversos polos florestais já formados, inclusive indústrias de base florestal e mercados locais de madeira organizados;
- Gestão profissional do negócio de base florestal: competência técnica;
- Mercado consumidor interno em crescimento e diversificação (maior potencial de utilização da biomassa florestal para a geração energética).

4.7 IMPORTÂNCIA DO FATOR FLORESTAL

Os principais destinos dos produtos florestais brasileiros são Europa (30%), China (22%), Estados Unidos (19%) e América Latina (16%). Os outros países correspondem a 13% do total (IBÁ, 2016). No contexto de ILPF, o fator florestal entra como um investimento em médio e longo prazo, enquanto as culturas anuais e a pecuária balanceiam as receitas a curto e médio prazo, permitindo o crescimento da renda líquida e da maior capitalização do produtor. (IBA, 2016).

Os sistemas de integração com acolhimento do fator florestal são os menos usados no cenário nacional de adoção de ILPF. De acordo com estimativas da Rede de Fomento ILPF (2016), 83% do total de integração adotada no País nos últimos anos excluíram o fator florestal (83% de adoção de ILP). O sistema completo, Agrossilvipastoril (ILPF) teve uma adoção de somente 9% da área total, acompanhado do sistema Silvipastoril, com 7% de adoção e o sistema Silviagrícola (1%).

O fator florestal, além de oferecer um crescimento da renda líquida ao produtor, pode servir como uma espécie de poupança, com possibilidades de investimento em longo prazo, uma vez que a decisão de corte pode ser tomada quando o mercado for mais conveniente. Além disso, a integração completa é mais efetiva em sequestro de GEE (EMBRAPA, 2016).

4.8 DEFINIÇÃO DE CLUSTER

Uma nova maneira de organização da produção vem ganhando evidência na literatura ao longo dos anos, o denominado Cluster. Para a implantação de planos, programas e projetos de incentivo à implantação sistemas de ILPF, deve-se observar se na área alvo existem empresas ou indústrias consumidoras de madeira. Essas áreas podem ser denominadas de *Clusters*.

De acordo com Britto (2006), o termo "*cluster*" é empregado em diversos campos das ciências com o sentido de agrupamento, haja vista que todos os tipos de concentrações geográficas de negócios, podem, genericamente, ser chamados de aglomerados, ou do seu correspondente na língua inglesa, *cluster*. Para Porter (1998), *clusters* representam concentrações geográficas de empresas inter-relacionadas, fornecedores especializados, prestadores de serviços, empresas em setores correlatos e outras instituições, vinculadas por componentes comuns e complementares, que competem e cooperam entre si.

Altenburg e Meyer-Stamer (1999) afirmam que um *cluster* é uma aglomeração de firmas, numa área de tamanho considerável espacialmente delimitada, com claro caráter de especialização e na qual o comércio e a especialização interfirmas são substanciais. Ainda conforme estes autores, em sentido amplo, o termo "*cluster*" retrata concentrações locais de certas atividades econômicas. Para o reconhecimento de um cluster, partimos da admissão de uma forte empresa ou uma aglomeração de empresas semelhantes, para, em seguida, analisar-se o quanto e em que sentido é formada a cadeia de empresas e instituições.

4.9 CLUSTER FLORESTAL OU MADEIREIRO

Por intermédio da aglomeração de empresas de base florestal em uma região, diversas vezes contendo enormes empresas e multinacionais inseridas nesse contexto, podemos definir a construção de um *Cluster* Florestal ou Madeireiro. Esses locais diferem em termos de progresso operacional setorial, social, ambiental e econômico das demais regiões de produção do país (SANTANNA, 2009).

O potencial de sucesso dos empreendimentos florestais nas regiões de cluster são impulsionados pela maior agilidade de operacionalização da produção. Sant´Anna (2009), ao pesquisar a formação de Cluster Madeireiro no Extremo Sul da Bahia, concluiu que para as empresas inseridas nesse cenário, novos fatores passam a integrar a competência competitiva destas, dentre os quais o tempo de produção e operação da logística de disposição, mas, sobretudo, os chamados elementos de caráter intangível, tais como a capacidade de inovação em processos e produtos e formas de atuação nos mercados.

O novo conceito de competitividade, respaldado em benefícios competitivos, vai muito além dos limites de atuação da empresa, exigindo a formulação de um novo conceito, o conceito de cluster. Em termos de competitividade, o compartilhamento de informações, de riscos e de toda uma gama de serviços socializa e potencializa as chamadas benefícios competitivas de uma determinada região. Assim, para estimar os locais com maior potencial de estabelecimento de ILPF, com o fator florestal funcional, é indispensável o conhecimento da localização dos principais aglomerados de florestas e seus mercados, ou *clusters* (SANTANNA, 2009).

Conforme Moreira (2014), a palavra "*cluster*" proveniente do inglês poderia ser traduzida como arranjo produtivo local. Uma vantagem explícita reside nas adjacências dos maciços florestais, com o consequente reflexo no frete da matéria prima. A formação da cultura florestal na região cria facilidades para a mão de obra para colheita. A presença de empresas especializadas nessa tarefa é outra vantagem, assim como na área industrial, onde operários passam a compreender de seleção de madeira e de outras atividades mais especializadas no interior da indústria. Do ponto de visão empresarial, formam-se empresas de outros segmentos correlatos: empresas de material de segurança, consultoria na área florestal

(inventário, marcação e silvicultura), viveiristas, oficinas especializadas em máquinas florestais, além das oficinas normais de caminhões e veículos em geral etc.

4.10 ANÁLISE DE HOT SPOT (HOT SPOT ANALYSES)

É necessário fazer diagnósticos espaciais da presença de áreas de cluster florestal para a montagem de estratégias governamentais e privadas de incentivo, que visam sistemas de ILPF. Os ferramentais da diagnose espacial superam a simples elaboração de mapas para estudar a distribuição espacial de pontos ou dados disponíveis para feições de área, confirmando hipóteses sobre o padrão observado quanto a aleatoriedade, a aglomeração e a regularidade da sua distribuição. Diferentemente das técnicas tradicionais de estatística, as técnicas de estatística espacial consideram o espaço - área, comprimento, proximidade, orientação ou relações espaciais - diretamente em sua matemática (SCOTT E GETIS 2008).

A ferramenta *Hotspot Analysis* disponível no software ArcGIS funciona num contexto de proximidade permitindo verificar se as atividades desenvolvidas nos municípios apresentam agrupamento com significância estatística. Por intermédio desses procedimentos metodológicos, investiga-se a existência de transbordamentos entre os aglomerados produtivos de municípios vizinhos e a possibilidade da existência de uma região de relativa homogeneidade que ultrapassa os limites municipais originando "*clusters*" considerados pontos quentes ou frios. (SCOTT E GETIS 2008).

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo compreendeu todo o território nacional brasileiro, localizado entre os paralelos 5º 16' 20'' e 33º 45' 03'' de latitude sul e entre os meridianos 73º 59' 32'' e 34º 45' 03'' de longitude oeste (Figura 7).

Figura 7 - Localização da área do Brasil na América do Sul.

5.2 BASE DE DADOS

O conjunto de dados selecionado para a avaliação da ocorrência de aglomerados florestais (*hotspots*) foi o arquivo em formato *shapefile*: *gfw_plantations*, disponível no portal *Global Forest Watch*. Este conjunto de dados tenta distinguir florestas plantadas de áreas de floresta natural de sete países-chave: Brasil, Camboja, Colômbia, Indonésia, Libéria, Malásia e Peru (GFW, 2014).

Dada a variabilidade das plantações e sua semelhança espectral com as florestas naturais, o banco de dados foi obtido por meio de interpretações visuais de imagens de satélite, principalmente Landsat, complementadas por imagens de alta resolução (Google Maps, Bing Maps, ou Globo Digital), onde disponível, para localizar plantações. Os analistas digitalizaram os limites das plantações com base em vários critérios visuais, incluindo textura, forma, cor e tamanho. Cada polígono foi rotulado com o tipo de plantação e, quando possível, o grupo da espécie (gr*) ou a espécie.

A percentagem de cobertura de plantação indica uma estimativa grosseira da prevalência de plantação dentro de um polígono (como no caso de um mosaico). Avaliações de precisão realizadas na Malásia comprovaram que a confiabilidade do conjunto de dados é de 87%.

Dados de área plantada das culturas de soja, de milho e de algodão, e cabeças de gado por município brasileiro, também foram utilizados nas análises de viabilidade. Esses dados foram retirados da base de dados geoespaciais interativa do LAPIG, em formato *shapefile* e a fonte oficial são os registros agropecuários do IBGE (2016).

Para validar a base de dados escolhida nesse estudo foi conduzida uma análise de precisão visual dos dados, comparando as feições do *shapefile* com imagens de alta resolução da superfície terrestre (*World Imagery*). Foram utilizados os Geodatabases de limites municipais e estaduais oriundos do site do IBGE.

5.3 PROCESSAMENTO

Para o rastreamento das áreas de viabilidade de implantação de ILPF foi utilizada a ferramenta de análise espacial de hot spots "*HotSpot Analysis*", que utiliza a estatística "*Getis-Ord Gi**". A ferramenta, é um indicador espacial que, dado um conjunto de caracteres ponderados, permite analisar os agrupamentos considerando a estatística esperada de um polígono e seus vizinhos, em comparação à média de todas as observações. *Getis-Ord Gi** é ainda um indicador de informação local para o qual é possível identificar pontos críticos e pontos de resfriamento estatisticamente significativos (GETIS & ORD, 1992). Este índice é expresso pela seguinte equação:

$$Gi(d) = \sum_{j=1}^{n} \frac{wi,j\ (d)\ xj}{xj}$$

onde, xj é o valor de atributo do objeto j, wi,j é o peso espacial entre os locais i e j; n é a quantidade total de elementos (polígonos), e:

$$\bar{X} = \sum_{j=1}^{n} \frac{xj}{n}$$

$$\boldsymbol{S} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{x^2 j}}{\boldsymbol{n}} - (\overline{\boldsymbol{X}})^2}$$

O resultado dos cálculos nos retorna o Z-score, que é o principal objeto de estudo desse trabalho. No presente trabalho, o cálculo do Índice *Getis-OrdGi** foi realizado no módulo "*Spatial Statistic*" do programa Arcgis 10.5. O processamento dos cálculos no *software* é exemplificado na Figura 8:

Figura 8 - Esquema de aplicação da ferramenta *HotSpot Analysis*.
Fonte: *Software* ArcGis 10.5 (2017).

O Z-score permitiu definir as regiões de maior potencial de agrupamento, ou *hotspots* de floresta, lavoura (soja, milho e algodão) e pecuária. Esse parâmetro foi escolhido devido a facilidade de entendimento dos desvios padrões da média na curva gráfica da imagem espacial. A intersecção entre essas áreas, retornou as regiões de melhor viabilidade para atual implantação de sistemas completos de ILPF. Foram consideradas como áreas de possível existência de Cluster Florestal, as porções com mais de 95% de confiabilidade estatística, geradas pela análise. Para áreas consideradas na intersecção entre Lavoura-Pecuária-Floresta, também foram utilizadas o mínimo de 95% de confiabilidade estatística.

5.4 PÓS-PROCESSAMENTO

A validação da existência do *Cluster* Florestal ocorreu a partir de uma análise dos mercados regionais das possíveis áreas mapeadas. Foi conduzida com base em pesquisa das empresas de base florestal da região, considerando, primeiramente, as indústrias de maior porte.

Após o processamento dos dados utilizados nesse estudo, foram gerados mapas temáticos que informam a localização dos *hotspots* de florestas plantadas no Brasil e onde estarão os possíveis *Clusters* Florestais. Também, para fins de análise de viabilidade, foram gerados mapas temáticos com as áreas de intersecção entre os *hotspots* (*clusters*) de florestas

plantadas, lavoura e pecuária. A avaliação da interface (sobreposições) das produções anuais com os clusters permitiu a sugestão de áreas de alta viabilidade de implantação de sistemas completos de integração lavoura-pecuária-floresta.

6. RESULTADOS

As áreas de plantios florestais se encontram em disposição heterogênea no território nacional brasileiro, concentrando-se nas regiões Centro-Oeste, sudeste e sul do País, com algumas manchas à Norte (Figura 9). Neste estudo, foram considerados todas as espécies florestais plantadas, sem distinção.

Figura 9 – Localização espacial das Florestas Plantadas do Brasil (GFW).

A partir da distribuição espacial dos *hotspots* de florestas plantadas (Figura 10), observa-se que a formação estatisticamente significativa (95% de probabilidade) de clusters florestais nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do País, com algumas manchas à Norte e sudoeste da Bahia.

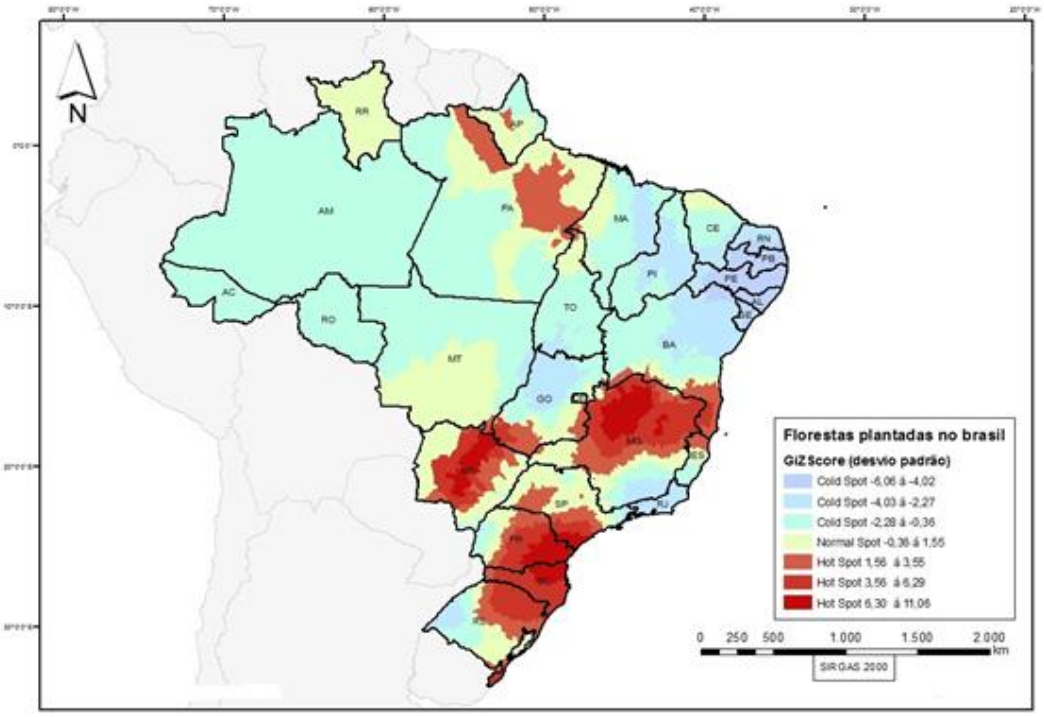


Figura 10 – Distribuição espacial de *hotspots* de florestas plantadas no Brasil.

De acordo com Agroicone (2015), os maiores *clusters* florestais identificados de acordo com a Figura 10 estão posicionados nos seguintes polos madeireiros:

- Na região Sudeste, a produção de madeira fina de Eucalyptus é a grande maioria. De acordo com levantamento do IBGE (2013), A Região Sudeste alcançou 34,9% da produção total de madeira fina nacional em 2013, o que representou um volume de 42,7 MM de m³, sendo 13,1 MM de m³ destinados à lenha, e 28,6 MM de m³ para processos e energia. No Sudeste de São Paulo, há uma grande quantidade de indústrias voltadas ao papel e celulose, sendo um dos principais mercados regionais, a exemplo da SUZANO, FÍBRIA, IP, LWARCEL e outras, além de importantes players da indústria de painéis reconstituídos (DURATEX e EUCATEX). (IBGE, 2013). Essas indústrias influenciam diretamente o desenvolvimento de diversos municípios no estado. De acordo com o relatório anual do IBÁ (2017), em 2016 os segmentos de celulose e papel, juntos, foram responsáveis por aproximadamente 57% de toda à arrecadação de impostos referente ao setor florestal no Brasil, equivalente a R$ 5,3 bilhões. No Norte de Minas, onde à produção florestal está ligada principalmente às indústrias de siderurgia e produção de carvão vegetal, a grande maioria da produção foi destinada a lenha, produzindo em 2013 aproximadamente 11,8 MM de m³ de madeira fina, sendo praticamente todo este

volume de Eucalyptus. Algumas das principais indústrias da região são ARCELORMITTAL, USIMINAS, GERDAU, METALSIDER, PLANTAR, VALLOUREC, dentre outras (AGROÍCONE, 2015). Na região Norte do Espírito Santo, a produção é fundamentalmente voltada à energia, e baseada na madeira de Eucaliptus, o principal player é a FÍBRIA, maior produtor de celulose do mercado Brasileiro (AGROÍCONE, 2015).

- Na Região Sul, o setor florestal é mais diversificado que em outras regiões do país, havendo produção de madeira fina para vários segmentos, como energia, papel e celulose, painéis reconstituídos, etc. Em 2013, de acordo com o IBGE (2013), a produção florestal foi a mais representativa do país, alcançando 41,4% do total (50,7 MM de m³). A produção de madeira para lenha (29 MM de m³), foi pouco superior a madeira para processos (21,6 MM de m³), provando a heterogeneidade do setor. Um aspecto importante a ser observado na produção de madeira para processo e energia na Região Sul é a predominância do Pinus, especialmente nos estados do Paraná e Santa Catarina. Para painéis reconstituídos, importantes players locais são BERNECK, ARAUCO, MASISA, dentre outros. Importantes indústrias do segmento de papel e celulose são, dentre outras, KLABIN, IGUAÇU, NORSKE SKOG.

- A Região Centro-Oeste do País, tem maior incidência de Cluster florestal principalmente na área central do Mato Grosso do Sul, em divisa com Mato Grosso e Goiás. O principal segmento presente nesse estado é o de Papel e Celulose, representado principalmente pelas empresas FÍBRIA, ELDORADO, INTERNATIONAL PAPER, entre outras. De acordo com levantamento realizado pelo IBGE (2013), a região centro-oeste produziu um total de 14,3 MM de m³ de madeira fina.

- Na Região Nordeste, o maior cluster de produção madeireira fica ao sudeste do estado da Bahia, onde o principal segmento é o de Celulose e papel, com produção de 12,4 MM de m³ de madeira fina em 2013 (IBGE, 2013). De acordo com AGROÍCONE (2015), os principais players da região são SUZANO, FÍBRIA, VERACEL e BSC.

- Na Região Norte, há presença de um *cluster* de menor proporção, localizado principalmente no estado do Pará, que em 2013 produziu 69% do total regional (2,2

MM de m³.). No Pará, a produção de madeira é destinada ao segmento de Celulose e Papel, representado pela empresa JARCEL (AGROÍCONE, 2015).

Nas figuras 11, 12 e 13 pode ser observada as intersecção entre os *hotspots* de Agricultura (soja, milho ou algodão) com pecuária (bovinos). A área de intersecção está destacada pela coloração verde escuro, uma vez que o universo amostral limitante é a presença de cluster florestal. Onde ocorre a sobreposição das cores verde (floresta), vermelho (agricultura) e marrom (pecuária), são as zonas ótimas de viabilidade de integração do sistema completo Lavoura-pecuária-floresta, considerando as respectivas culturas agrícolas.

A Figura 11 apresenta a interface entre Floresta, Soja e Gado. As principais áreas de produção pecuária (cabeças de gado) estão localizadas nas Regiões Norte e Centro-Oeste. Os *hotspot*s de área plantada de soja estão localizados, principalmente, no Centro-oeste e Sul do País. As principais áreas de intersecção entre os 3 fatores (Figura 11), estão localizadas na região central do Mato Grosso do Sul e nordeste de Minas Gerais, ambos com área se estendendo ao estado de Goiás.

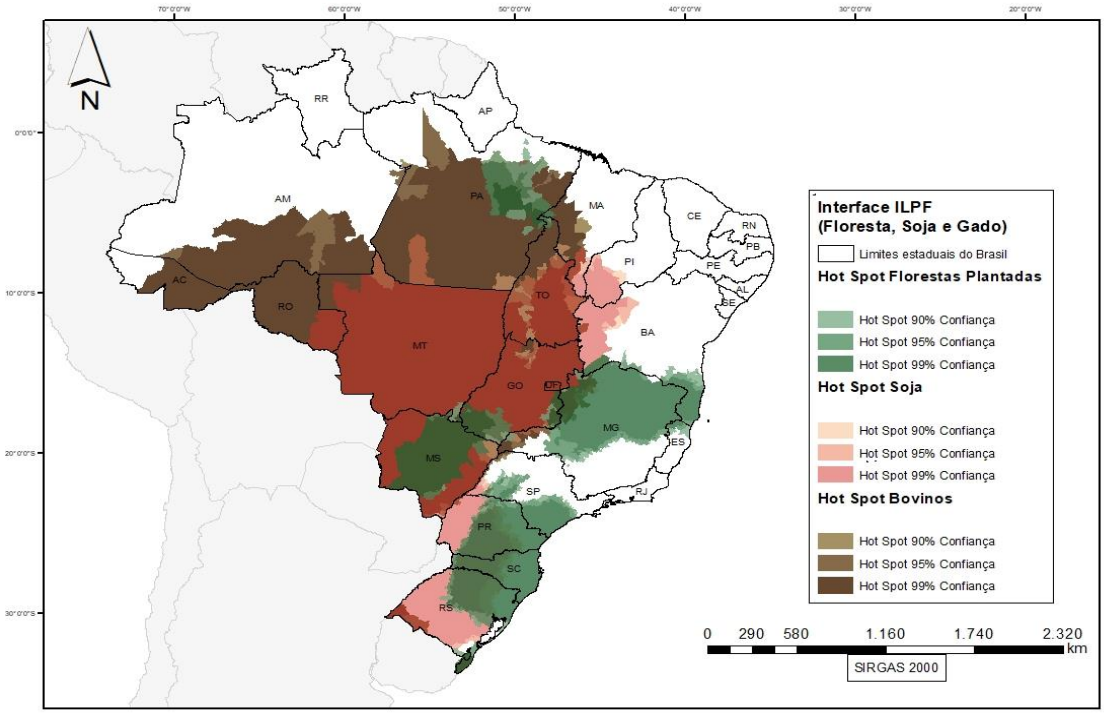


Figura 11 – Distribuição espacial dos *hotspot* da Interface ILPF (Floresta, Soja e Gado).

A Figura 12 apresenta a interface entre Floresta, Milho e Gado. Os *hotspots* de área plantada de Milho estão localizados principalmente nas regiões de alta concentração de soja, e produção de milho safrinha, concentrando-se no Centro-oeste do País. Sendo assim, as principais áreas de intersecção entre os 3 fatores, no mapa a seguir foram as mesmas que se considerada a produção da Soja. A área de aptidão para implantação de ILPF considerando a cultura do Milho, está localizada, assim como para soja, na região central do Mato Grosso do Sul e nordeste de Minas Gerais, ambos com áreas cruzando as divisas com Goiás.

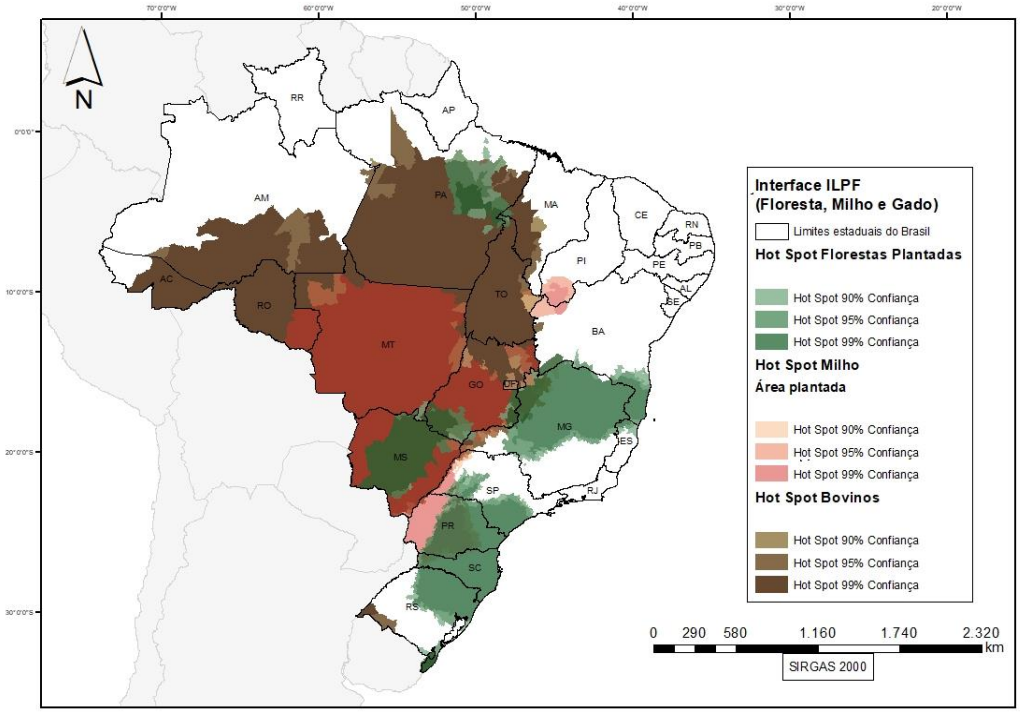


Figura 12 – Distribuição espacial de *hotspot* da Interface ILPF (Floresta, Milho e Gado).

A Figura 13 apresenta os *hotspots* da interface entre Floresta, Algodão e Gado. Os *hotspots* de área plantada de Algodão estão localizados principalmente nas regiões Centro-oeste e Nordeste do País. Sendo assim, as principais áreas de intersecção entre os 3 fatores, no mapa a seguir foram as mesmas que se considerada a produção da Soja e Milho. A área de aptidão para implantação de ILPF considerando a cultura do Algodão, está localizada, assim como para soja e Milho, na região central do Mato Grosso do Sul e nordeste de Minas Gerais, ambos com áreas cruzando as divisas com Goiás.

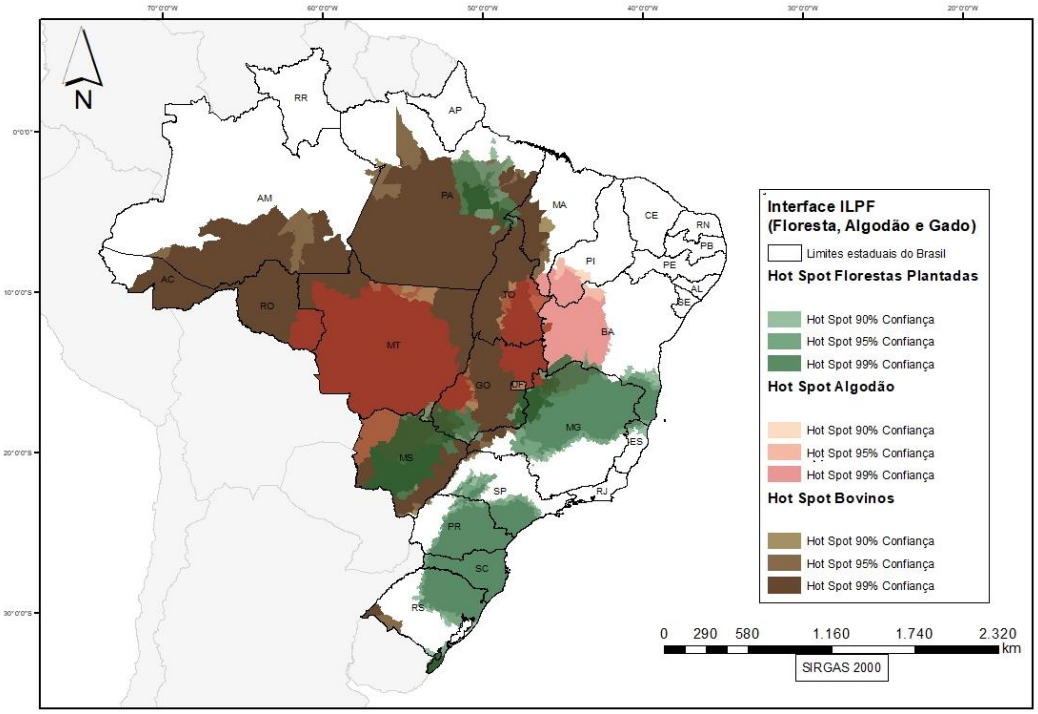


Figura 13 – Distribuição espacial dos *hotspots* A da Interface ILPF (Floresta, Algodão e Gado).

No presente estudo, foram consideradas as áreas limitadas pela presença dos 3 fatores, florestal, agrícola e pecuária. As zonas com potencial para implementação de outras formas dos sistemas de integração, como ILP ou IFP, podem ser verificadas nas Figuras 11 a 13, porém, uma vez que essas análises não são objetos desse estudo, não foram consideradas..

7. CONCLUSÃO

A distribuição espacial dos *Clusters* Florestais ou Madeireiros de florestas plantadas no Brasil foram identificadas com sucesso e validadas por análise de mercado. As maiores concentrações dos clusters florestais foram observadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

A partir da intersecção de 3 fatores produtivos, foram definidas áreas de *Cluster* Florestal ou Madeireiro com maior potencial para implantação dos ILPF completo. Para as 3 culturas agrícolas escolhidas (Soja, Milho e Algodão) foram identificadas as mesmas áreas de intersecção, indicando regiões de maior viabilidade de implantação do sistema completo ILPF na região central do Mato Grosso do Sul e nordeste de Minas Gerais, que se estenderam a sudeste e sudoeste do estado de Goiás.

No presente estudo, foram levadas em consideração as áreas onde ocorre concentração de floresta e a produção dos 3 fatores (Soja, Milho e Algodão), assumindo a premissa que o mercado nessas regiões e condições de escoamento e desenvolvimento regional são suficientes para garantir a viabilidade dos sistemas ILPF. Para estudos futuros, recomenda-se ampliar a análise, incluindo outros fatores como a presença de pastagens degradadas, o zoneamento agroecológico e o nível de assistência técnica, afim de mensurar a viabilidade socioambiental desses sistemas de produção. Também é importante um estudo socioeconômico à campo, de forma que permita rastrear as áreas mais propícias para integração considerando a pré-disposição dos produtores a implementarem o sistema com o fator florestal como produto primário, sendo de fato comercializado.

Os resultados desta pesquisa podem ser úteis para auxiliar na tomada de decisão na implantação de sistemas de ILPF e contribuir de forma mais racional para a consecução dos acordos firmados pelo Brasil na COP 21, inseridos no plano ABC.

REFERÊNCIAS

AGROICON. RELATÓRIO: Oportunidades Para Florestas Energéticas na Geração de Energia no Brasil. 2015. Disponível em: <http://www.AGROICONEbrasil.org/wp-content/uploads/2015/11/Oportunidades-Florestas-Energeticas-Brasil-Apresentacao.pdf>. Acesso em 23 out. 2017.

AGROICONE. Oportunidades Para Florestas Energéticas na Geração de Energia no Brasil. Relatório Final. 05. ACN0115 R00. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://www.AGROICONEbrasil.org/wp-content/uploads/2015/11/Oportunidades-Para-Florestas-Energ%C3%A9ticas-Na-Gera%C3%A7%C3%A3o-De-Energia-No-Brasil-1.pdf>. Acesso em 23 out. 2017.

ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ALTENBURG, T.; MEYER-STAMER, J. *How to promote clusters: policy experiences from Latin America. World Development*, v. 27, n. 9, p. 1693-1713, 1999.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.

BRITTO, J. Elementos estruturais e conformação interna das redes de firmas: desdobramentos metodológicos, analíticos e empíricos. [S.l.: s.n.], 1999. Disponível em: Acesso em: 20 jul. 2006.

CALDAS, J. Pequena propriedade produtiva sustentável é foco de Dia de Campo em Ipameri (GO). 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/temaintegracao lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias//noticia/12822787/pequenapropriedade-produtiva-sustentavel-e-foco-de-dia-de campo-em-ipameri-go>. Acesso em: 06 jun. 2016.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Guia de financiamento para agricultura de baixo carbono. Brasília, DF: CNA, 2012.

CORDEIRO, L. A. M. A adoção do sistema ILPF. Opiniões, v. 12, n. 4, p. 42-44, jun./ago. 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126415/1/luiz-cordeiro.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2016.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. *Agroforesterie: desarbresetdescultures*. Paris: Agricole, 2008. 413 p.

EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL. ILPF em números. 2016. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1064859/ilpf-em-numeros>. Acesso em: 04 abr. 2016.

EMBRAPA. ILPF em Números. Sinop, MT: Embrapa, 2016.

EMBRAPA. Integração Lavoura Pecuária Floresta: ILPF em números. (2009). Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>. Acesso em: 13 jun. 2017.

GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S.; GARCEZ NETO, A. F. Sistemas silvipastoris. In: EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B.; MEDEIROS, L. T.; VALERIANO, A. R. (Org.). Forragicultura e pastagens: temas em evidência. Lavras, MG: UFLA, 2005. v.5, p. 1-64.

GOUVELLO C. de. Relatório do Banco Mundial. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Banco Mundial. 2010. Disponível em: < http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1276778791019/Relatorio_Principal_integra_Portugues.pdf>. Acesso em 19 nov. 2017.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório IBA 2016. São Paulo. 2016.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 nov. 2017.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. Renovação de pastagens de Cerrado com Arroz: I. Sistema Barreirão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1991. 20 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 33).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 501522.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>. Acesso em: 19 nov. 2017.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ações do plano. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/planoabc/acoes-do-plano>. Acesso em: 20 jul. 2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, 2012. 173 p.

MOREIRA M. F. Formação de um cluster Florestal. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura. 2014. Disponível em: <http://docplayer.com.br/35461814-Formacao-de-um-cluster-florestal.html>. Acesso em 19 nov. 2017.

PORTER, M. Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review, Boston, v. 76, n. 6, p. 77-90, Nov./Dec. 1998.

REDE FOMENTO ILPF. Integração Lavoura-Pecuária-floresta. 2016. Disponível em: <http://redeilpf.com.br>. Acesso em: 04 abr. 2016.

SANT'ANNA, A. G. Cluster madeireiro: o eucalipto, a celulose e o desenvolvimento do extremo sul da Bahia. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 725-749, out./dez. 2009.

SANTOS, L. D. T. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para produção sustentável nos trópicos. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

SCOTT, L.; GETIS, A. *Spatial statistics*. In: KEMP, K. (Ed.) *Encyclopedia of geographic informations. Sage*, Thousand Oaks, CA. 2008.

SIF – Sociedade de Investigações Florestais. ILPF – O que é a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Universidade Federal de Viçosa, MG. 2016 Disponível em: <http://www.sif.org.br/noticia/ilpf--o-que-e-integracao-lavoura-pecuaria-floresta>. Acesso em: 10 jun. 2017.

TOMAZ G. A. Barreiras a adoção da estratégia de integração lavoura pecuária floresta por agricultores e pecuaristas do estado de goiás. Goiânia. Monografia apresentada para a Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia. Programa de pós-graduação em Agronegócio – PPAG. 2017.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE [WWF]. Planeta vivo: Relatório 2014. Disponível em: < http://www.wwf.org.br/informacoes/bliblioteca/publicacoes_mudancas_climaticas_e_energia/?42223/Relatrio-Planeta-Vivo-2014>. Acesso em: 16 jan. 2015.

VENTURIN, R. P.; GUERRA, A. R.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MESQUITA, H. A. Sistemas agrossilvipastoris: origem, modalidade e modelo de implantação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 16-24, jul./ago. 2010.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. de O. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 931-962.