Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

O uso e aptidão das terras agrícolas no Brasil; uma análise comparativa de 1940 a 2006

Tiago Brochado Pires

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Piracicaba
2014

Tiago Brochado Pires
Geógrafo

O uso e aptidão das terras agrícolas no Brasil; uma análise comparativa de 1940 a 2006

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **GERD SPAROVEK**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Piracicaba
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Pires, Tiago Brochado
O uso e aptidão das terras agrícolas no Brasil; uma análise comparativa de 1940 a 2006 / Tiago Brochado Pires.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.
91 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Aptidão do uso das terras 2. Mudança de uso da terra 3. Sistema de Informação Geográfica (SIG) I. Título

CDD 333.76
P667u

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -O autor"

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 Contextualização do tema 13
1.2.1 Objetivo 14
1.3.2 Objetivos específicos.....15
Referências 15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....17
2.1 Revisão do Uso e Ocupação das terras 17
2.1.1 A evolução da ocupação das lavouras e pastagens e o desenvolvimento da tecnologia industrial.....17
2.1.2 A ocupação da vegetação natural e a tecnologia adaptada ao meio 22
2.2 Revisão do conceito de Avaliação das terras 27
2.2.1 Evolução do conceito 27
2.2.2 Avaliação das terras com o uso de SIG aplicados ao planejamento 34
Referências 36
3 CARACTERIZAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO AGRÍCOLA ENTRE 1940 E 2006 NO BRASIL 41
Resumo 41
Abstract 41
3.1 Introdução 41
3.1.1 Breve histórico da ocupação da agricultura brasileira 43
3.2 Material e Métodos 45
3.2.1 Caracterização da área de estudo 45
3.2.2 Organização da base de dados.....46
3.2.3 Mapa histórico do uso da terra 47
3.3 Resultados e Discussão 51
3.4 Conclusões.....61
Referências 61
4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MODELO DE APTIDÃO DO USO DAS TERRAS E A OCUPAÇÃO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA ENTRE OS ANOS DE 1940 E 2006 65
Resumo 65
Abstract 65

4.1 Introdução 65
4.2 Material e Métodos 67
4.2.1 Organização da base de dados 67
4.2.2 Indicadores de qualidade 67
4.2.3 Mapa da aptidão do uso das terras 68
4.2.4 Comparação da Aptidão e o Uso Histórico da Terra 70
4.2.5 Indicador Ambiental na Aptidão das terras 71
4.3 Resultados e Discussão 73
4.3.1 Aptidão e o Uso Histórico das terras 73
4.3.2 A aplicação do modelo de aptidão para prática da agropecuária sustentável ..78
4.4 Conclusões 80
Referências 81
ANEXOS 83

RESUMO

O uso e aptidão das terras agrícolas no Brasil; uma análise comparativa entre 1940 a 2006

A dinâmica da ocupação agrícola foi extensivamente modificando a cobertura da terra, o que possibilitou avanços socioeconômicos, mas também permitiu a fragilização estrutural dos ecossistemas naturais. No Brasil esta dinâmica se intensifica a partir dos anos 40, período este em que as tecnologias industriais foram incorporadas pela atividade agropecuária. Com as técnicas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e os princípios de modelagem da aptidão do uso das terras, foi possível recriar o uso histórico das terras agrícolas e analisar que ele tem evoluído em direção às regiões consideradas mais aptas para esta atividade. No entanto, este processo foi desigual entre as coberturas de lavouras e pastagens e entre as regiões brasileiras. Estas distorções são consequências do baixo uso tecnológico nas pastagens e de políticas de ocupação mal planejadas, não antevendo os impactos da ocupação em áreas inadequadas. Com estas conclusões será possível repensar o planejamento do uso da terra, incorporando a modelagem da aptidão e garantindo a sustentabilidade na agricultura.

Palavras-chave: Aptidão do uso das terras; Mudança de uso da terra; Sistema de Informação Geográfica (SIG)

ABSTRACT

Agricultural Land use and suitability in Brazil; a comparative analysis between 1940-2006

The dynamics of agricultural occupation was extensively modifying the land cover which allowed socioeconomic advances, but also allowed the structural fragility of natural ecosystems. In Brazil this dynamic was evident from the '40s, a period where industrial technologies were incorporated by farming. With the techniques of Geographic Information System (GIS) and modeling principles of land suitability, it was possible to recreate this dynamic since 1940 and analyze what it has evolved towards the areas considered most suitable for this practice. However, this process has been uneven across the covers of crops and pastures and between regions. These distortions are consequences of low technology use in pastures and poorly planned policies of occupation, not anticipating the impact of the occupation in unsuitable areas. It is hoped that with these findings it is possible to rethink the planning of land use, incorporating fitness modeling and ensuring sustainability in agriculture.

Keywords: Land suitability; Land use change; Geographic Information System (GIS)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Centros de irradiação da agricultora global, da origem ao período atual ..18
Figura 2 - Expansão da agricultura no mundo, entre os anos de 1700 e 1990 24
Figura 3 - Desenvolvimento do mercado de ciências agrícolas 26
Figura 4 - Representação esquemática da aptidão e sustentabilidade 31
Figura 5 - Busca do tópico “Land Evaluation” pela Scopus e Web of Science 33
Figura 6 - Ocupação das terras no Brasil 45
Figura 7 - Comparação entre a malha da AMC com as malhas municipais 49
Figura 8 - Representação esquemática para obtenção do mapa UHT. 50
Figura 9 - Utilização das terras no Brasil nos estabelecimentos agropecuários 51
Figura 10 - Representação esquemática da comparação entre os Mapas de 53
Figura 11 - Representação esquemática da comparação entre os Mapas de 55
Figura 12 - Área das pastagens naturais e plantadas versus número de cabeças ..56
Figura 13 - Pastagens Naturais e Pastagens Plantadas por ano censitário 57
Figura 14 - Número de unidades de tratores por ano censitário no Brasil 57
Figura 15 - Mapa da ocupação das lavouras por biomas.....59
Figura 16 - Mapa da ocupação das pastagens por biomas.....60
Figura 17 - Mapa de Aptidão do Uso das Terras para o Brasil.....70
Figura 18 - Representação esquemática da comparação entre os mapas de 71
Figura 19 - Classes de aptidão no Brasil por área (ha) 73
Figura 20 - Destaque das pastagens em áreas Inaptas na região Nordeste 76
Figura 21 - Destaque das lavouras em áreas Altamente Aptas 77
Figura 22 - Mapa da aptidão do uso das terras considerando as áreas de.....79
Figura 23 - Comparação entre as áreas das classes de aptidão entre 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da busca dos anos e países de publicação,.....33
Tabela 2 - Dados da utilização das terras no Brasil 47
Tabela 3 - Dados físicos para o Brasil.....67
Tabela 4 - Área de Pastagens por ano e por classes de aptidão 74
Tabela 5 - Área de Lavouras por ano e por classes de aptidão 75
Tabela 6 - Porcentagem de Lavoura e Pastagem em áreas Inaptas 76
Tabela 7 - Porcentagem de Lavoura e Pastagem em áreas Altamente Aptas 78

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

A modernização da agropecuária, a partir da década de 40, possibilitou a expansão e intensificação das coberturas de pastagens e lavouras em todas as regiões brasileiras. Tal marco modificou por completo o uso das terras no país, tornando a produtividade do setor maior, mas também potencializando a retirada da vegetação natural e a degradação das terras. Diante disto, seria possível amenizar os problemas decorrentes da mudança no uso das terras no país? Um ponto de partida para esta resposta é analisar como se deu historicamente o aproveitamento das áreas mais aptas para o uso agrícola.

O conhecimento a respeito da aptidão das terras surgiu com as primeiras ocupações de lavouras e pastagens, através de experimentações e adaptações de processos por tentativa e erro. Esta dinâmica possibilitou grandes mudanças, como a introdução de culturas do Novo Mundo na Europa, em uma lenta adaptação, por mais de 200 anos (ROSSITER, 1996). Mas com as exigências atuais por aumento de produtividade em curto prazo, a formalização deste conhecimento foi necessária para tornar possíveis as mudanças na ocupação agrícola sem que as penalidades por experiências fracassadas ocorressem.

Com a construção do conceito de aptidão das terras, foi possível aplicá-lo como método de avaliação de uso da terra, sobretudo para o uso agrícola, um dos maiores responsáveis em escala global por impactos ambientais como o rompimento na função dos ecossistemas em prover recursos como a água potável, regular o clima e manter a qualidade do solo. No Brasil, onde há extensa cobertura vegetal e variedade de recursos naturais, estes efeitos foram diretamente relacionados à degradação do solo, intensificação dos processos erosivos e contaminação de corpos hídricos.

Os dados publicados por Foley et. al. (2005) constatam que o uso agrícola corresponde a 40% da superficie terrestre, exceto áreas congeladas, e por 20% a 30% da água potavél disponivél no planeta para irrigação nas lavouras (CASSMAN; WOOD, 2005). Também houve desmantamento de grandes áreas de florestas, savanas e pradarias em todo o planeta causando a emissão de 12% a 26% do total de dióxido de carbono emtido para a atmosfera (HOUGHTON, 2003).

Os dados para o Brasil reafirmam os efeitos internacionais. Até a década de 80, cerca de 90% do total desmatado no país foi por conta do uso agrícola, sendo

50% de culturais anuais e 40%, pela pecuária (AMELUNG; DIEHL, 1992). Segundo dados da SOS Mata Atlântica (1998, apud BACHA, 2004), em 1912 as regiões Sul e Sudeste juntas tinham uma área de cobertura florestal de 83 Mha e em 1995 esta área foi de aproximadamente 9 Mha. Considerando a área onde esta cobertura é mais preservada, na Amazônia Legal, já perdeu 44,9 MHa de floresta de 1975 a 1999 (INPE, 2000 apud BACHA, 2004).

Desta forma, a aptidão das terras como método de avaliação se justifica por permitir que a ocupação das terras seja usada de forma planejada, indicando quais são as especificidades de uso e manejo das terras de cada local. Além disto, seu modelo permite a análise não só da dimensão espacial, relação do uso com os recursos naturais– solo, clima, topografia, mas também da dimensão temporal, como as tecnologias que definem o manejo que mudaram com o tempo.

A hipótese deste trabalho é que a comparação da ocupação de lavoura e pastagem de 1940 até 2006 com o modelo de aptidão de uso das terras é possível indicar o aproveitamento das terras consideradas mais aptas para esta atividade Além disto, servirá para embasar a discussão de como esta modelagem serve de instrumento para o planejamento da agricultura sustentável.

As conclusões serão úteis para instigar novas propostas de planejamento que considerem as fragilidades e necessidades do uso das terras, no fornecimento de subsídios para a tomada de decisões e para avaliar a ocupação agrícola em seu processo histórico. Ou seja, poderá avaliar se as políticas de ocupação e de desenvolvimento tecnológico estão permitindo ocupar as áreas com melhor aptidão. Por fim, as conclusões aqui realizadas colaborarão com as pesquisas futuras em avaliação das terras.

1.2.1 Objetivo

O objeito desta pesquisa é analisar a distribuição da agricultura brasileira de 1940 a 2006 e compará-la com um modelo de aptidão das terras. Para isso, o trabalho foi dividido em dois capítulos, o primeiro caracterizou a dinâmica da ocupação de lavouras e pastagens entre 1940 a 2006 e o segundo comparou esta dinâmica com a elaboração do modelo de aptidão do uso das terras.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Detectar as áreas de expansão ou retração das lavouras e pastagens.
- ✓ Quantificar as áreas de expansão de lavouras e pastagens em terras aptas.
- ✓ Quantificar as áreas de expansão de lavouras e pastagens em terras inaptas.
- ✓ Propor uma discussão sobre possíveis encaminhamentos para o aperfeiçoamento do modelo de aptidão das terras quanto às questões ambientais.

Referências

AMELUNG, T.; DIEHL, M. **Deforestation of Tropical Rain Forests: Economic Causes and Impact on Development**. Tübingen, 1992.

BACHA, C.J.C. O uso de recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras: uma visão histórica e parcial de um processo de desenvolvimento. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 34, p. 393-426, 2004.

CASSMAN, K. G., WODD, S. Cultivated systems. In: Hassan, R.; Scholes, R., Ash, N, (Eds): **Ecosystems and Human Well-being, Current State and Trends, Vol. 1**. Island Press : Washignton, D.C, p. 745-794, 2005.

FOLEY, J.A.; DEFRIES, R.; ASNER, P.G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.R.; CHAPIN, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI, J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KUCHARIK, C.J.; MONFREDA, C.; PATZ, J.A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.K. Global consequences of land use. **Science**, Washington, v. 309, p. 570-574, 2005.

HOUGHTON, R. A. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. **Tellus**. Estocolmo, v .55 p. 378-390, 2003

ROSSITER, D.G. A theoretical framework for land evaluation. **Geoderma**, Amsterdã, v. 72, p. 165-202, 1996.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Revisão do Uso e Ocupação das terras

2.1.1 A evolução da ocupação das lavouras e pastagens e o desenvolvimento da tecnologia industrial

Desde o principio mais rudimentar até a sofisticação moderna, o homem se esforça para poder conviver, e muitas vezes, dominar o meio natural. Para tanto, compreender o funcionamento deste sistema complexo e conseguir estabelecer as leis dos fenômenos naturais não é apenas uma razão de sobrevivência, mas também motivo pelo qual grandes feitos da humanidade puderam ocorrer.

Dentre esses feitos a agricultura representa uma conquista histórica, modificando por completo os hábitos e, sobretudo, a dinâmica de ocupação humana. Isso se deve ao processo de sedentarização, que ocorre no momento em que o homem se fixa em sítios, se protegendo diante das intempéries naturais e produzindo seu próprio alimento. Logo, o homem através de sua técnica e trabalho, não produzia só alimento, mas também estava produzindo espaço. Sobre esta afirmação Santos (1980) diz:

> O ato de produzir é igualmente o ato de produzir espaço. A promoção do homem animal a homem social deu-se quando ele começou a produzir. Produzir significa tirar da natureza os elementos indispensáveis à reprodução da vida. A produção, pois, supõe uma intermediação entre o homem e a natureza, através das técnicas e dos instrumentos de trabalho inventados para o exercício desse intermédio (SANTOS, 1980, p. 162).

Há cerca de dez mil anos, as sociedades agrícolas ocuparam ambientes facilmente adaptados para a agricultura, de forma independente em diferentes áreas. Os sítios ocupados estavam em solos mais férteis, como aqueles próximos das vazantes dos rios, onde houvesse maior quantidade de plantas e mamíferos domesticáveis. Estas sociedades agrícolas, ou neolíticas, se transformaram nas civilizações mais organizadas atualmente, ao passo que os povos coletores e caçadores, até o final do século XX, tinham desaparecido em grande parte do mundo (LEVETIN; MCMAHON, 2008).

As civilizações responsáveis por difundir os tipos de culturas e criações para as demais regiões do globo estavam concentradas em grandes centros, formados

pela justaposição de aldeias, em diferentes continentes, que se sobressaíram ao atingir a Revolução Neolítica. Como por exemplo, as regiões da China, onde era cultivada a soja, regiões centrais e sudeste da Ásia, Etiópia, México e América Central, cultivo de milho, os Andes centrais, batata, e o Mediterrâneo (MAZOYER, 2001).

Ao compararmos estes grandes centros com as principais áreas agrícolas atuais veremos que há uma diferença na localização, exceto algumas regiões como a China onde ainda estão sobrepostas. Esta distribuição reflete que a agricultura surgiu onde havia espécies selvagens de grande valor e que foram usadas para domesticação e colheita em outras regiões, permitindo que a agricultura e pecuária expandisse para outras regiões (DIAMOND, 2002).

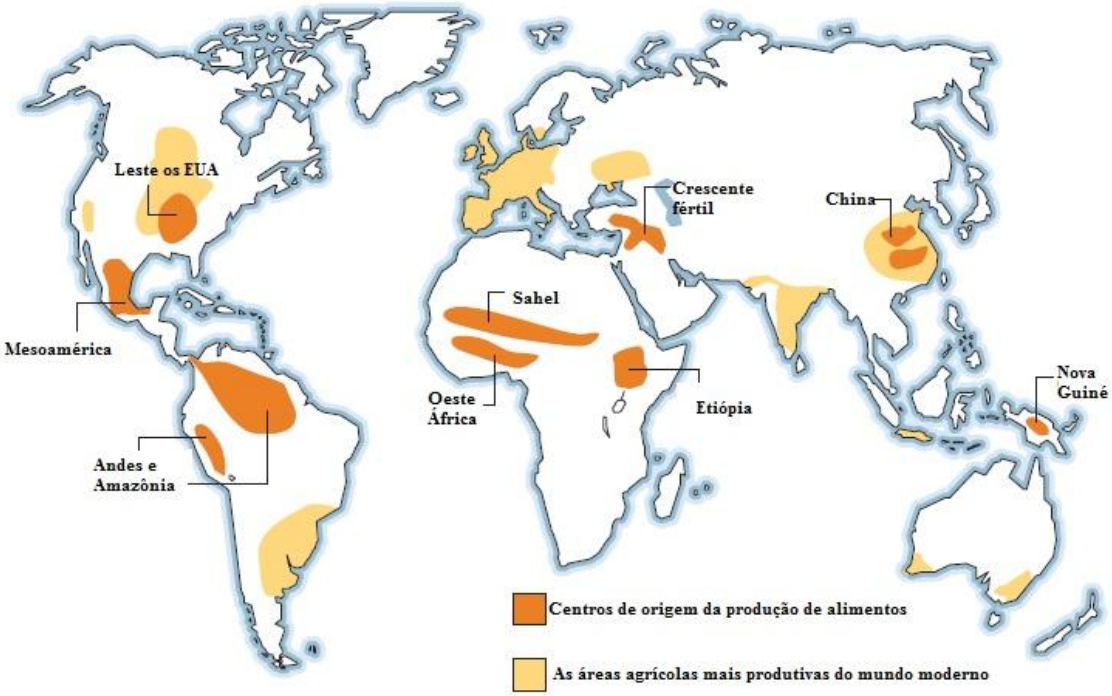


Figura 1 - Centros de irradiação da agricultora global, da origem ao período atual
Fonte: Diamond (2002), adaptado pelo aluno

A expansão e consequentemente o sucesso da agricultura e pecuária, diante do modelo de caça e coleta, ocorreu também pela necessidade de garantir alimentos em épocas de extinção de espécies, mudanças climáticas ou por conta da caça excessiva. Outro motivo é o advento de técnicas agrícolas que se intensificaram conforme o aumento populacional, exigindo maior produção de alimentos. Mas não

bastavam as técnicas, os sucessos dos povos que optavam pela agricultura dependiam de uma organização social, que dispusesse de regras e conseguisse planejar parte da lavoura estocando sementes e reservando parte dos animais do abate para reprodução (DIAMOND, 2002; MAZOYER, 2001).

Essa transformação, que se difundiu ao longo dos próximos milênios**,** deu origem à chamada "Revolução Neolítica" (LUELMO, 1975). Os séculos que sucederam a Revolução Neolítica foram marcados por um período de transição de evolução técnica longa e difusão espacial lenta. A agricultura foi se aproximando cada vez mais da pecuária, e o uso contínuo provocou o esgotamento e a perda de fertilidade do solo em muitas regiões. A alternativa para aquela época, em atenuar os efeitos da escassez, foi usar o esterco animal como fertilizante, da prática de alqueive ou pousio e da alternância de culturas.

No entanto, a crescente demanda por produtos agrícolas, a ociosidade dos períodos que a terra permanecia em descanso, a cada ano um terço da área cultivada (BOSERUP, 1987), os longos períodos de inverno nas regiões temperadas, onde poucas culturas animais resistiam às baixas temperaturas, fizeram com que a produção de fertilizantes diminuísse bastante, provocando uma crise de abastecimento de alimentos.

Esta crise foi superada no século XVIII, quando se utilizou o cultivo de forrageiras sem pousio, possibilitando o uso ininterrupto da terra via rotação com leguminosas. Esta técnica adiciona naturalmente nitrogênio ao solo e melhora consideravelmente sua fertilidade. Neste momento houve então a diversificação das culturas. Cereais e leguminosas variavam regionalmente e serviam como uma medida preventiva de atenuar as intempéries climáticas. Outros progressos notáveis, que ocorreram ao longo deste século, são a intensificação da drenagem, o descobrimento de fertilizantes químicos e o maquinário agrícola, sendo estes os pilares para a Revolução Agrícola (LUELMO, 1975).

Simultaneamente a estas novas tecnologias, os avanços científicos igualmente contribuíram para que houvesse a revolução agrícola. Em seu artigo publicado, Boaretto (2009) destaca algumas importantes publicações daquela época, como as que contribuíram para o entendimento da fotossíntese e pela evidenciação da fixação de nitrogênio pelas leguminosas. Malthus (1766- 1834)[1]

[1]Pastor e economista inglês, sua obra mais famosa "Principle of Population", de 1798, versava questões de demografia. Nela foi relatada a teoria sobre o crescimento populacional crescia em um

com sua teoria alerta para necessidade de maior produção de alimentos e Lavoisier[2] (1743-1794) promove avanço do conhecimento da química, impulsionando, também, outras áreas como fisiologia e a bioquímica.

No século XIX o cientista alemão Justus von Liebig[3] destacou-se por ser precursor da agricultura moderna (BOARETT0, 2009). Suas pesquisas em química orgânica apontaram que as plantas cresciam de acordo com elementos encontrados no solo, tais como potássio, fósforo e nitrogênio conhecida como Lei de Libieg ou lei do mínimo. Em 1845 publicou o livro: “A química e sua aplicação na agricultura” causando grande repercussão e permitindo que se produzissem fertilizantes artificiais.

Os fertilizantes artificiais eram sintetizados em depósitos minerais encontrados em regiões da Alemanha e Chile, que durante muito tempo abasteciam a produção de fertilizantes para os agricultores da Europa. Havia um alarde, por parte de alguns cientistas, que essas jazidas logo se esgotariam e provocariam outra grande crise de escassez de alimentos neste continente. Porém, a evolução dos conhecimentos era tamanha que descobriu-se que a fixação do nitrogênio da atmosfera poderia ser feita em laboratório, conhecida como Síntese de Haber-Bosch (LUELMO, 1975).

Os fertilizantes utilizados avançavam com as transformações dos séculos, assim como os equipamentos agrícolas. A revolução agrícola está associada com a formatação de um sistema mecanizado e cada vez mais especializado, fato este que é estritamente relacionado com a interdependência desta revolução com a Revolução Industrial. Com isso, os arados sofrem modificações, passando a ser fabricados de ferro fundido e com adição da aivecas e são utilizados motores a combustão que passam a substituir a força animal e humana no campo.

---

rimo mais rápido que a produção de alimentos, que acarretaria em problemas de abastecimento alimentar da população mundial.

[2]Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), teve destaque na ciência do século XVIII por estabelecer que o resultado das reações químicas é dado pelas mudanças na combinação dos elementos (BOARETT0, 2009).

[3]Justus von Liebig (1803-1873) Sua pesquisa demonstrou que as plantas crescem de acordo com os elementos encontrados no solo, e para melhorar a produtividade das plantas bastava acrescentar o nutriente deficiente. Deu início a era dos fertilizantes químicos .

Com as mudanças tecnocientíficas ocorridas há uma completa reestruturação da sociedade e da economia das regiões por onde se promoviam. A nova **tecnologia industrial** aplicada à agricultura permite a transição do sistema feudal para o capitalista, do crescimento da população urbana em face da rural, substituição do modelo de uma agricultura coletiva para um sistema moderno e de cultivo individual com o aumento das propriedades (VEIGA, 2007).

Os contínuos avanços de pesquisas em química, mecânica e genética, dão lugar à revolução verde, a partir dos anos 1960. A revolução verde consiste em um pacote tecnológico composto pela homogeneização de técnicas de manejo, insumos e novos cultivares, com o predomínio de monoculturas, aumento da produtividade e dos custos, e, sobretudo, pelo desenvolvimento de sementes de alto rendimento. Um dos principais nomes é o do Norman Ernest Borlaug, ganhador do prêmio Nobel da Paz em 1970, implantando essa nova técnica de produção na agricultura, sendo conhecido como o “pai da *Revolução Verde”* (HENRIQUES, 2009).

A seleção das variedades com bom rendimento potencial de arroz, milho, trigo, soja e de outras grandes culturas de exportação, foi adotada pelos agricultores que eram capazes de adquirir esses novos meios de produção e pelas regiões favorecidas, onde era possível de rentabilizá-los Políticas para difusão destas sementes foi amplamente utilizada em países em desenvolvimento, como Índia, México, com a compra destas por grandes corporações agroindústrias detentoras desta tecnologia e que poderia prover esse pacote tecnológico. Cabiam a esses países oferecer aos seus agricultores com o incentivo ao baixar os preços, de subvenções aos insumos, diminuir os juros de empréstimo, além de oferecer treinamentos, assistência técnica e investimentos em infraestruturas de irrigação, drenagem e transporte (FUCK; BONACELLI, 2008).

A nova revolução atinge toda agricultura moderna através dos pacotes tecnológicos: manejo, insumos e novos cultivares. Possibilitando um aumento da produtividade e dos custos, priorizando as monoculturas e intensificando a interação e a interdependência entre distintos territórios. Ou seja, os mercados internacionais sendo cada vez mais estratégicos na competitividade regional, sobretudo, com a ampliação e importância da circulação e logística (ELIAS, 2007). Concomitante a esta revolução a diplomacia global se desenvolve de forma institucional, com a criação de organizações e tratados, no mundo pós-guerra. Neste cenário, em 1945,

foi criada a FAO motivada pela fome que alastrou em diversos países depois da Segunda Guerra Mundial (NASCIMENTO, 2007).

Esta diplomacia tentou solucionar as desigualdades produzidas pelos sistemas agrários distintos e com desempenhos desiguais.

Portanto, o avanço das tecnologias industriais é cada vez mais marcado por uma evolução técnica e difusão espacial de forma mais acelerada. Essas mudanças se dão pelos novos paradigmas de produção, caracterizados por uma maior fluidez, rapidez e flexibilidade em que ocorrem as relações sociais e econômicas. Em decorrência desta fluidez as desigualdades herdadas pelos sistemas agrários vêm à tona, destacando os locais com grandes diferenças de produtividade. (MAZOYER, 2001)

2.1.2 A ocupação da vegetação natural e a tecnologia adaptada ao meio

O retrospecto histórico apresentado anteriormente demonstrou que o desenvolvimento da tecnologia industrial, aplicada à agricultura e pecuária, possibilitou o aumento da produtividade das lavouras e efetivo de animais. Porém, o resultado deste processo ao longo dos últimos três séculos é acompanhado por consequências na ocupação da vegetação natural, expondo a efeitos ambientais e sociais e o que marcou um período crítico de processos antropogênicos significativos na condução das mudanças globais do Sistema Terra (ELLIS et al., 2012). Como consequência, as tecnologias industriais, tradicionalmente empregadas no avanço desta atividade, estão sendo repensadas com o advento de outras menos impactantes.

Os impactos ambientais da agricultura incluem tanto aqueles causados pela expansão, quando as áreas de cultivo e pastagens que se estendem para áreas não ocupadas, como aquelas ocasionadas pela intensificação, quando é exigida das áreas já ocupadas maior produtividade (FOLEY et al., 2011; RAMANKUTTY; FOLEY, 1999; ELLIS et al., 2012). Normalmente a intensificação é mais notória nas lavouras e a expansão nas pastagens. Fato este demonstrado pela presença das pastagens em proporção global, enquanto 15,0 milhões de km^2 são de terras com lavouras (12% da superfície terrestre livre de gelo), 28,0 milhões de km^2 são de pastagens (22%), no ano de 2000 (RAMANKUTTY et al., 2008).

A expansão de pastagens e lavouras gerou um grande impacto sobre as vegetações naturais. Observando os mapas de uso das terras em 1700 e 1990 na Figura 02, é visível que ambas expandiram em quase todo o globo, principalmente nos domínios dos cerrados, em 50%, de 70% das pradarias, das florestas temperadas, 45%,e das florestas tropicais em 27% (FOLEY et al., 2011). Juntas, as áreas de cultivo e pastagens tornaram-se um dos maiores biomas terrestres do planeta, ocupando 40% da superfície terrestre, além de nos últimos 300 anos terem causado um desmatamento de aproximadamente 7 a 11 milhões de km^2 de floresta só nos trópicos (FOLEY et al., 2005).

Os impactos ambientais causados por esta expansão em florestas e nos outros biomas são a perda na biodiversidade, danos nos serviços essenciais para os ecossistemas, como água, solo e ar, espécies de plantas e animais em extinção, diminuição do armazenamento de carbono, aumento da emissão de CO_2 pelo desmatamento e a intensificação de processos erosivos (FOLEY et al., 2011; KIMBRELL, 2002).

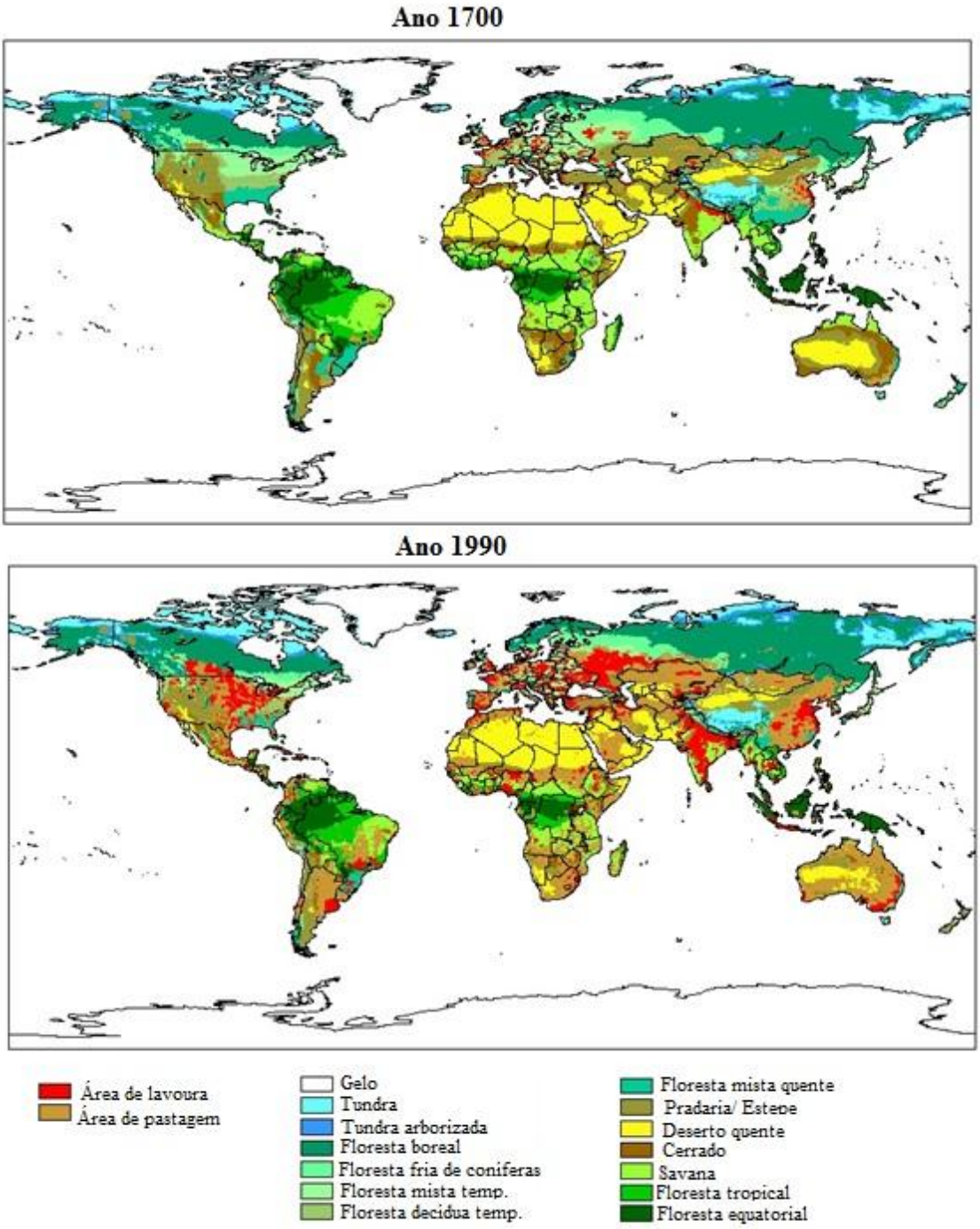


Figura 2 - Expansão da agricultura no mundo, entre os anos de 1700 e 1990
Fonte: Ramankutty e Foley (1999), organizado pelo aluno

Com relação à intensificação, os impactos estão relacionados ao uso maciço de produtos químicos, pesticidas, irrigação, mecanização e das formas de confinamento de gado. Durante os últimos 40 anos, houve um aumento de aproximadamente 700% no uso global de fertilizantes e um aumento de 70% na área cultivada irrigada (FOLEY et al., 2005). Estas práticas ocasionam degradação

da qualidade da água, salinidade dos solos, perda de material orgânica, poluição de agroquímicos, a perda de biodiversidade local, emissão de gases do efeito estufa e doenças dos animais confinados (KIMBRELL, 2002).

No entanto, se ao passo que os impactos ocasionados tanto pela extensão quanto pela intensificação geraram prejuízos e danos irreparáveis para o meio ambiente, estas formas de produção foram responsáveis para que as colheitas de grãos dobrassem nas últimas quatro décadas em todo o mundo. Sendo a expansão com menor contribuição para este aumento, somente 12%, e a intensificação responsável pela maior parte dos ganhos, com 88% (FOLEY et al., 2005). A intensificação, embora seja mais produtiva, seu custo e beneficio varia muito de acordo com as condições geográficas e das práticas agronômicas adotadas.

Diante dos problemas ambientais, das dificuldades de utilizar uma prática ou técnica agrícola pelo seu elevado custo ou de ser de difícil implementação em uma dada região, é preciso encontrar uma solução que considere às características do local, promova o desenvolvimento socioeconômico e seja de baixo impacto ambiental. Uma alternativa, que vem sendo cada vez mais difundida, são maneiras de produção mais sustentáveis e que podem pautar as políticas públicas no investimento das ***tecnologias adaptadas ao meio***.

Estas tecnologias são caracterizadas por serem desenvolvidas e aplicadas para a análise dos recursos naturais, permitindo o enfoque de acordo com as necessidades das tomadas de decisões. São alternativas para os sistemas de produção agropecuário que consideram a manutenção dos recursos naturais, analisando os diferentes cenários, reduzindo os impactos adversos e assegurando a qualidade dos alimentos produzidos, como a pureza e não toxicidade do alimento. Alguns exemplos são os produtos orgânicos, as agroflorestas, plantio direto, controle biológico, técnicas conservacionistas, avaliação de terras e geotecnologias aplicadas à agricultura (BEZERRA; VEIGA, 2000; KIMBRELL, 2002).

Para que o uso de tecnologias adaptadas ao meio seja, de fato, uma forma de produção aplicável, é preciso que haja uma mudança na agenda da pesquisa científica e tecnológica que inclua além das melhorias convencionais de produtividade, os ganhos ambientais, sociais e de segurança alimentar. E que sejam realizadas, sobretudo, por instituições públicas, que diminuíram suas despesas com pesquisas na agricultura e de políticas públicas agrícolas em momentos de crises econômicas (ALSTON; PARDEY; SMITH, 1999).

Em contra partida, o setor privado que possui grandes investimentos em biotecnologias agrícolas, dificilmente incluiria esta nova agenda. Pois, o mercado trabalha com as margens de lucro e nelas não são incluídas as externalidades, que são os efeitos das atividades sobre o ambiente ou sociedade. Ou então, pelo fato do mercado se desenvolver com base nas forças regulamentadoras de produção, ou protecionismos.

A Figura 3 demonstra o aumento do investimento em biotecnologias com o do protecionismo. As tecnologias adaptadas ao meio não permitem a exclusividade do protecionismo, esbarrando, assim, em uma das principais leis que regulamenta o mercado: o da oferta e demanda (ALSTON; PARDEY; SMITH, 1999; FUCK; BONACELLI, 2008).

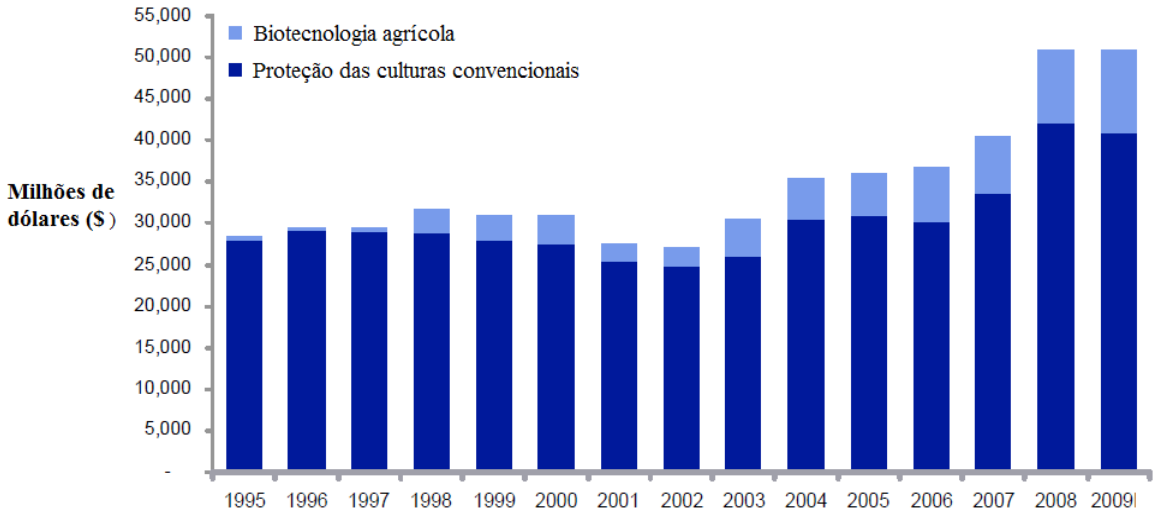


Figura 3 - Desenvolvimento do mercado de ciências agrícolas
Fonte: Fulton (2009), organizado pelo aluno

Um exemplo adotado atualmente é o usado pela FAO que criou uma estratégia de apoiar o aumento da produção de alimentos pelos países e os seus agricultores, chamado de Intensificação da Produção Agrícola Sustentável (SCPI na sigla em inglês), com o foco no desenvolvimento de tecnologias e políticas que garantam a sustentabilidade. Elas são sustentadas pelos pilares do plantio direto como evitar preparar o solo, espalhar palha e cultivar lavouras de cobertura e a rotação de culturas, contribuindo para a fertilidade do solo e estimulando a biodiversidade (FREIDRICH, 2010).

Alguns autores apontam uma revolução como a transição das soluções para as tecnologias adaptadas ao meio. Esta transição seria um processo da legitimação desta tecnologia e do declínio do padrão da “revolução verde” (BEZERRA; VEIGA, 2000; FOLEY et al., 2011). Fazer a transição para a agricultura saudável, justa e sustentável é um enorme desafio. Para ter sucesso, é preciso acompanhar e compreender a mudança das práticas agrícolas. Já que não são uma tecnologia genérica e de fácil adoção, pois exige conhecimentos específicos dos ecossistemas e da realidade do local onde será aplicada (SACHS, 2010).

2.2 Revisão do conceito de Avaliação das terras

2.2.1 Evolução do conceito

O conhecimento humano sobre a terra e da forma como a usa tem sido acumulado ao longo da história, conforme discutido anteriormente. Era preciso então organizar este conhecimento enquanto disciplina, para que assim, pudesse planejar e obter melhores decisões do uso da terra. Com esse intuito, revisaremos a seguir uma das disciplinas que melhor exemplifica esta necessidade: a avaliação da terra, abordando seu desenvolvimento, o contexto que está envolvida e a aplicação dos métodos mais consagrados e atuais, com enfoque no uso agrícola.

Nos últimos 30 anos, desde o início das primeiras publicações, um conjunto significativo de pesquisas envolvendo avaliação das terras foram produzidas. O conceito mais completo e presente na maioria delas é aquele definido pela FAO (1976) como sendo:

> Avaliação das terras diz respeito à avaliação do desempenho da terra quando utilizadas para fins específicos. Ela envolve a execução e interpretação de estudos básicos de clima, solos, vegetação e outros aspectos da terra em termos das exigências de formas alternativas de uso da terra. Para ter relevância no planejamento, a gama de usos da terra considerados deve ser limitada àqueles que são relevantes no contexto físico, econômico e social da área considerada, e as comparações devem incorporar aspectos de ordem econômica (FAO, 1976 p. 19).

A ciência do solo é a disciplina que mais contribuiu para o desenvolvimento da avaliação das terras e pode ser considerada precursora deste conceito[4]. Dentre as áreas da ciência do solo mais importantes está a interpretação do levantamento de solos e da classificação das terras. Estas surgem no final do século XIX sob um contexto de uma clara divisão na ciência do solo entre duas linhas teóricas, a da fertilidade dos solos e da geografia dos solos (DIEPEN, 1991).

A fertilidade dos solos, atribuída às teorias de Liebig, se associa as pesquisas em avaliação através do processo de identificar e diagnosticar os problemas nutricionais das plantas e das recomendações quanto ao uso de fertilizantes. Já a geografia dos solos, centrada nos conceitos de Dokuchaiev, foi contributiva pela transferência da experiência em pesquisa sobre solos a outras áreas em que poderia ser aplicada. Era responsável por agrupar os tipos de solos de acordo com os níveis de manejo e conservação dos mesmos (STEELE, 1967; SIMONSON, 1989; DIEPEN, 1991).

Muito embora os levantamentos pedológicos e classificação das terras dessem origem à avaliação das terras, estes não podem ser confundidos como sinônimos de tal. Até o fim dos anos 60 era comum haver a confusão entre estes termos, pois asseguravam a ambos o mesmo objeto de estudo. Na verdade são distintos, pois enquanto nas interpretações dos levantamentos e classificações o solo por si só é o objeto de estudo, na avaliação o objeto é a terra em seu sentido mais amplo[5]. Outro fator de confusão está relacionado à escala do objeto de estudo, já que no levantamento pedológico é usado em escalas próprias para projetos locais e na avaliação das terras em escalas mais abrangentes (VERHEYE, 2009).

A avaliação da terra foi gradualmente se transformando, enquanto disciplina, em uma abordagem mais complexa não somente da interpretação do levantamento de solos, mas também na ênfase do uso da terra, incluindo usos não agrícolas, e considerando outros fatores que não apenas solo. Através desta transformação outras disciplinas se fizeram mais presentes nos estudos em avaliação, Beek (1978) destaca a participação da geografia e agronomia.

---

[4] O termo avaliação de terras foi introduzido pela primeira vez em 1950, no Congresso Internacional de Ciência do Solo em Amsterdã (DIEPEN, 1991).

[5] O conceito de terra compreende o ambiente físico, incluindo clima, relevo, solos, hidrologia e vegetação, na medida em que estes influenciam no potencial uso das terras. Características puramente econômicas e sociais, no entanto, não estão incluídos neste conceito, estes fazem parte do contexto econômico e social (FAO, 1976).

A geografia está envolvida com a caracterização do uso das terras, por estudar a variação espacial da agricultura, elaborar mapas de uso da terra, ajudar na classificação do relevo, solos e clima, e por estudar a população, localização dos mercados e outras variáveis socioeconômicas espacialmente relacionadas. Já a agronomia contribuiu com o conhecimento dos sistemas agrícolas de produção e na discussão física e socioeconômica da demanda social e do mercado desta produção.

Sob o contexto demanda por produtos agrícolas crescentes, emerge o consenso em alimentar a população em crescimento além da necessidade de dispor de terras sem fins agrícolas causando grandes mudanças no uso da terra. Muitos países desenvolveram suas próprias metodologias, com diferentes enfoques. As com enfoque agrícola, de acordo com o autor Burroug (apud RAMALHO, 1999), podem ser diferenciadas entre as com fins generalistas, que não considera as variáveis socioeconômicas, e as com fins específicos, que integram dados físicos, ambientais e econômicos. Ou para Rossiter (1996), divididos como métodos pré FAO, método FAO, Zonas Agroecológicas e métodos não FAO.

O método generalista pode ser exemplificado pelo de Capacidade de Uso das Terras. Considerado produto da interpretação do levantamento de solos, esse método foi criado pelo Serviço de Conservação e Solos da USDA[6], em 1961, com o propósito de agrupar unidades de acordo com a capacidade de uma cultura anual ou pastagem produzirem sem que haja degradação do solo por um longo período de tempo (ROSSITER, 1996; RAMALHO, 1999).

Seu modelo foi concebido para levar em consideração somente variáveis físicas, partindo do pressuposto do uso intensivo de maquinário e da necessidade de alta tecnologia para intervir nas propriedades do solo. Sendo assim, é um conceito que não se aplica aos diferentes níveis de manejo. Este modelo está diretamente relacionado com os problemas de conservação dos solos, propondo determinar procedimentos de controle de erosão (LEPSCH, 1991), dando mais relevância para variáveis como declividade do que fertilidade (RAMALHO, 1999).

Já o modelo para fins específicos surge a partir de 1970 e o exemplo mais consagrado é o da aptidão de terras (FAO, 1976). Sua definição é dada como sendo a aptidão de uma determinada área para um uso definido. O processo de

[6] Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

classificação ocorre de acordo com uma avaliação e agrupamento em classes das áreas em termos de sua aptidão para usos definidos. Este agrupamento é feito de acordo com as características do meio físico e socioeconômico. Tem como característica ser um processo dinâmico, onde a avaliação precisa ser revisada constantemente de acordo com as novas evidências científicas, inovações tecnológicas e mudanças na realidade socioeconômica (BOHRER, 2000).

A classificação é feita de forma interpretativa e pode sofrer modificações de acordo com a viabilidade da redução de limitações pelo uso de capital e tecnologia. Desta forma, aborda contextos de sistemas agrícolas sob diferentes níveis de tecnologia e manejo. A aptidão é sustentada em alguns princípios, tais como: avaliar e classificar respeitando o tipo de uso específico; requer uma combinação dos benefícios obtidos e dos insumos necessários em diferentes tipos de terra; requer uma abordagem multidisciplinar; deve ser feita em termos do contexto biofísicos econômicos, social e político, de forma sustentada e envolve comparação de mais de um único tipo de utilização (FAO, 1976).

Estes dois exemplos são os mais conhecidos internacionalmente e de maior importância para a avaliação das terras (RAMALHO, 1999; DIEPEN, 1991). Os que surgiram depois possuem métodos com propósito específico, mas baseados e aprimorados nestes de maior relevância. Como exemplo temos o Zoneamento Agroecológico, AEZ[7], os sistemas de Classificação da Capacidade de Fertilidade, FCC[8] e a Avaliação da Terra e Avaliação do Local, LESA[9], (ROSSITER, 1996).

---

[7]Sigla em inglês: Agro-ecological Zones. Este método utiliza os dados climáticos dados das culturas agrícolas. As zonas são definidas de acordo com enfoque exigido pelas culturas e sua resposta ecológica ao clima, expressa pela vegetação, e refletida pelas características físicas do ecossistema, como solo, água e biodiversidade (BOHRER, 2000).

[8]Sigla em inglês: Fertility Capacity Classification. A (FCC) foi desenvolvida para interpretar a taxonomia do solo e seus atributos que seja diretamente relevante para o crescimento da planta. Foi concebido originalmente para lidar apenas com as propriedades do solo inerentes ao produto da gênese do solo e que não pode ser facilmente alterado com o tempo. (SANCHEZ; PALM; BUOL,2003).

[9]Sigla em inglês: Land Evaluation and Site Assessment. O sistema de LESA ajuda tomadores de decisão comparar os locais com base no seu valor agrícola. Isto é feito com dados quantitativos do solo e para caracterização da área, como dados que mensurem as restrições e limitações para as praticas agrícolas e dados de conservação da terra. Estes dados são então sistematicamente combinados e produzidos uma pontuação para cada local. LESA também torna possível agrupar áreas com resultados semelhantes e estabelecer limites como base para a ação (PEASE; COUGHLIN, 1996).

A avaliação das terras, por lidar com o uso das terras e com os limites da ocupação humana nos ecossistemas, é uma importante forma para atingir a sustentabilidade, pois integra a adequação e a vulnerabilidade das terras, considerando o máximo de adequação o mínimo de vulnerabilidade como situação ideal para obter sustentabilidade. Em outras palavras, o propósito fundamental da avaliação de terras é prever as consequências positivas ou negativas da mudança de ocupação na sustentabilidade das terras (ROSA, 2004).

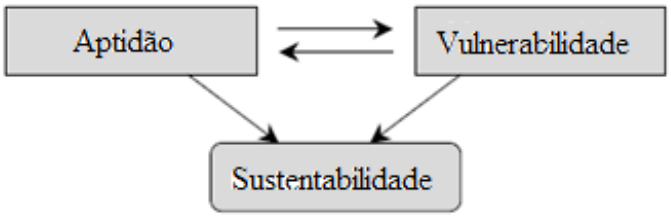


Figura 4 - Representação esquemática da aptidão e sustentabilidade
Fonte: Rosa (2004), organizado pelo aluno

No entanto, esse desenvolvimento não ocorre de forma regular, os diferentes métodos convivem mutuamente, dependendo da proposta, escala e detalhe de estudo e contexto de cada avaliação. Erros comuns são fazer avaliações com objetivo restrito, ou a incapacidade de perceber que as interpretações são baseadas em suposições sobre condições técnicas e econômicas, e que sua validação depende de aspectos locais. Enquanto isso, também emerge o questionamento da problemática ambiental, o que levou a uma consideração crítica dos métodos para avaliação das terras (FAO, 2007; BEEK, 1978).

A tendência é de incorporar as recentes metodologias em análise espacial e ecológica da paisagem, metodologias essas que combinam o levantamento do meio biofísico e da modelagem espacial com métodos participativos, de forma a incorporar o conhecimento local e as preocupações ambientais em avaliação de terras. Contribuindo, portanto, para o monitoramento e gestão sustentável das atividades agrícolas e para conservação ambiental (FAO, 2007; BOHRER, 2000).

A abordagem sustentável na avaliação das terras deve integrar a sociedade, o meio biofísico e as questões ambientais de forma a alcançar um equilíbrio na gestão da conservação da terra para uso futuro. Uma vez que a sociedade e os

poderes públicos estão mais conscientes quanto à exigência por práticas mais sustentáveis, que não poluam e nem degradem (ROSA, 2004).

Outro ponto que exige da avaliação das terras uma nova revisão é o próprio levantamento de solos. O autor Basher (1997) evidencia dois problemas em elaborar os levantamentos de solos; pela abordagem moderna e pela abordagem tradicional. A forma moderna de levantamentos de solos possui um enfoque amplo, realizado por instituições de pesquisa agrícola ou ambiental e não necessariamente por pedólogos, o investimento para estes levantamentos é baixo e o custo é alto. Já o modelo tradicional não atende a demanda do mercado por informações em uso da terra, não está adequado à questão moderna, com uma linguagem mais acessível.

A solução, para Basher (1997) é que os levantamentos utilizem de linguagens acessível e integrada com as diferentes áreas, para que possa avaliar o uso das terras e utiliza-la de forma sustentável, conhecendo a extensão, distribuição, propriedades, adequação e vulnerabilidade do solo para cada tipo de uso. Além do problema com os levantamentos de solo, Rossier (1996) destaca que a avaliação das terras precisa solucionar a carência por especialistas e equipes que saibam trabalhar de forma multidisciplinar os recursos e uso da terra, com um quadro teórico comum para facilitar a comunicação entre membros da equipe.

O atual cenário das pesquisas em avaliação das terras foi retratado com a busca em artigos pelo tema “land evaluation” nas principais plataformas de pesquisa. O resultado da busca evidencia que as áreas de Agricultura e Ciências do Solo, para a plataforma Scopus e Web of Science respectivamente, são as que mais concentram artigos. Que pode ser justificado pela tradicional área de origem da pesquisa em avaliação das terras. Já as Ciências Ambientais, Ciências da Terra e Planetária e Ecologia também são representativas no montante dos artigos encontrados. Isto demonstra a abordagem interdisciplinar na avaliação das terras.

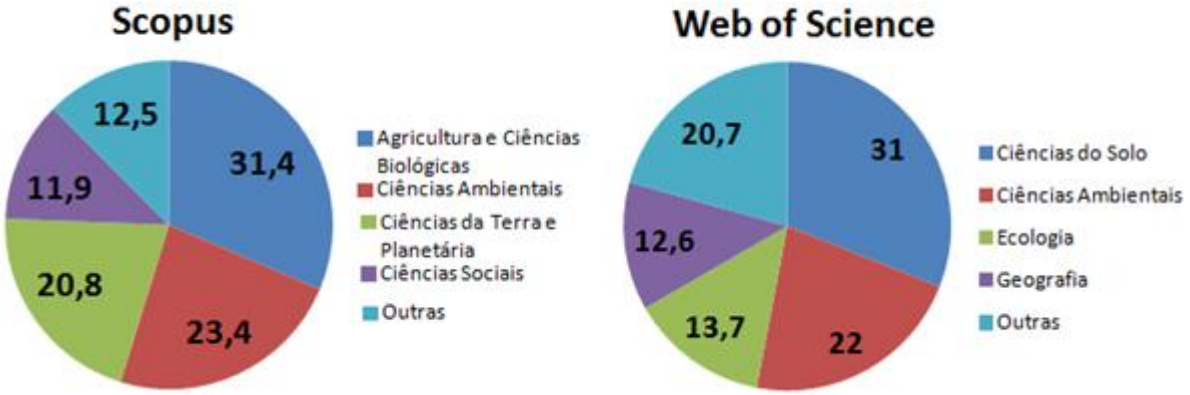


Figura 5 - Busca do tópico “Land Evaluation” pela Scopus (total de 580 artigos) e Web of Science (total de 464 artigos)

Quando a busca é feita pelos anos e países de publicação o resultado apresentado é verificado na tabela 1. O ano de 1992 teve grande participação no número de artigos, cerca de 5% do total, já que neste ano vários artigos importantes foram publicados, especialmente de autores holandeses. Logo, a busca por países, a Holanda é a que mais se destaca, com mais de 13% no total de artigos.

Tabela 1 - Resultado da busca dos anos e países de publicação, de acordo com Web of Science, para o termo “Land Evaluation” (total de 464 artigos)

Anos de Publicação	Porcentagem	Países de Publicação	Porcentagem
2010	6,77%	Holanda	13,94%
1992	5,24%	China	10,80%
2008	5,02%	EUA	9,61%
2005	4,39%	Austrália	6,77%
2013	4,39%	Espanha	6,55%
1994	4,15%	Índia	5,24%
2001	4,15%	Canadá	4,80%
2009	4,15%	Inglaterra	4,58%
1997	3,93%	Itália	4,11%
2003	3,93%	Irã	3,93%

Os artigos com o tema de avaliação das terras ainda são atuais, o número de publicações entre 2000 e 2013 é superior do que nas décadas anteriores. Por exemplo, o ano de 2010 foi o maior em número de publicação, com cerca de 6,8%, do total de 464 artigos, e os anos de 2008, 2005 e 2013 foram terceiro, quarto e quinto no ranking por ano de publicação. Além disso, países que antes não eram

tradicionais nas pesquisas sobre avaliação das terras hoje estão entre os que mais publicam, por exemplo, a China, Austrália, Índia, Canadá e Irã.

A revisão da avaliação das terras demonstrou que tal conceito se encontra em processo de reformulação, cada vez mais interdisciplinar e menos restrita a ciência dos solos. Isto ocorre em detrimento da atual conjuntura, de maior demanda por produtos agrícolas e aumento das exigências da sustentabilidade e promoção socioeconômica pela produção agropecuária. Desta forma, a aplicação da avaliação das terras continua exercendo um papel importante e cada vez mais está sendo desenvolvida em países onde sua pesquisa não era tradicional.

2.2.2 Avaliação das terras com o uso de SIG aplicados ao planejamento

As demandas atuais em avaliação das terras exigem maior precisão e detalhamento das análises realizadas. Para isso, têm sido utilizados recursos computacionais e geotecnologias, em especial ferramentas SIG, como forma de aprimorarem as análises estatísticas, o gerenciamento e análises de dados espaciais e de avaliarem o desempenho do uso da terra sob o meio físico, sob as condições tecnológicas ou como forma de alcançarem os objetivos ambientais e socioeconômicos propostos (MALCZEWSKI, 2004; FAO, 2007).

Diferentes técnicas e métodos envolvem o uso de SIG em avaliação das terras. Em seu artigo Malczewski (2004) as divide em três grupos; o da sobreposição de mapas com auxílio de computador; o da avaliação multicriterial e da inteligência artificial. Alguns dos exemplos de programas encontrados são: ALES[10] (ROSSITER, 1996); MicroLEIS (ROSA, 2004); LEIGIS[11] (KALOGIROU, 2001); ALSE[12] (ELSHEIKH et al., 2013); OSMOSE[13] (MEYER et al., 2013); LUPLAN[14] (apud DIEPEN, 1991).

A sobreposição de mapas obteve um importante avanço nos métodos de adequação por incorporar a modelagem cartográfica e as técnicas de álgebra mapa, sendo o método mais utilizado nas pesquisas. Na álgebra de mapas são usadas operações booleanas e técnicas de combinação linear ponderada. A análise multicriterial pode ser pensada como método que combina e transforma os dados de

[10]Sigla em inglês: Automated Land Evaluation System
[11]Sigla em inglês: Land Evaluation using an Intelligent Geographical Information System
[12]Sigla em inglês: Agriculture Land Suitability Evaluator
[13]Sigla em inglês: On-Site Multicriteria Optimization for Spatial Evaluation
[14]Sigla em inglês: Land Use Planning

entrada visando uma decisão resultante. As técnicas e métodos utilizados são as análises de sensibilidade, análise de propagação de erro e os métodos de lógica fuzzy. A inteligência artificial é um conceito amplamente definido, e inclui técnicas computacionais modernas, que podem ajudar na modelagem das complexas inferências nos sistemas de tomada de decisão. São usadas técnicas como lógica fuzzy, redes neurais artificiais, evolutionary (genetic) algorithms e Cellular automata.

A vantagem do uso das ferramentas SIG é a possibilidade de interpretação e integração dos dados em diferentes escalas e níveis de detalhamento (BASHER, 1997). Ajudam também os planejadores da terra a tomarem decisões complexas dentro de um curto período de tempo, tendo em conta a sustentabilidade.

A integração de GIS e análise multicriterial permite o gerenciamento dos dados de critério, a produção de camadas de critério e cálculo de atributos por meio de análise espacial, combinando critérios de decisão por meio de modelagem e realização de análises de sensibilidade e de produção de mapas necessários para a avaliação de terras (ELSHEIKH et al., 2013). Contribui diretamente para o planejamento do uso das terras, servindo de base para os tomadores de decisões, para as análises multicriteriais políticas ou socioeconômicas, (ROSSITER, 1995; DIEPEN, 1991).

O Planejamento do uso da terra contemporânea deve ser capaz de lidar com múltiplos objetivos e critérios, muitas vezes conflitantes, enquanto muitos métodos de avaliação de terras disponíveis não fazem isso (MEYER et al., 2013). Para o Brasil, destaca-se o estudo realizado por Ramalho (1997) para atender ás necessidades dos usuários em tomada de decisões nos níveis federal, estaduais e regionais. O estudo tinha como objetivo determinar o potencial de terras para a agricultura no Brasil, por região fisiográfica, estabelecer uma estratificação do potencial da terra de acordo com os níveis de gestão da terra e desenvolver um sistema de análise que ofereça gerenciamento de atributos e componentes geométricos em um contexto interdisciplinar em vários níveis de agregação.

Avaliação de terras é mais do que uma atividade pontual em uma sequência de etapas que antecede a implementação e desenvolvimento de um projeto. Planejadores, pesquisadores, serviços como agricultura de extensão e crédito rural, e os próprios agricultores devem ter acesso contínuo e serem assistidos na análise de dados de recursos terrestres (ROSSITER, 2005).

Os capítulos seguintes incluíram os conceitos aqui revisados. O capitulo 3 abordou as mudanças de uso da terra através das tecnologias industriais ao longo da história brasileira, retomando a discussão do capítulo 2.1. Já no capítulo 4 a revisão do conceito de avaliação das terras foi determinante para estabelecer o modelo da aptidão das terras e pautar a discussão dos resultados.

Referências

ALSTON, M.J.; PARDEY, P.G.; SMITH, V.H. **Paying for agricultural productivity**. Washington: International Food Policy Research Institute, 1999. 315 p.

BARROS, Z.X.; TORNERO, M.T.; STIPP, N.A.F.; CARDOSO, L.G.; POLLO, R.A. Estudo da adequação do uso do solo, no município de Maringá - PR, utilizando-se de geoprocessamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, p. 436-444, 2004.

BASHER, L.R. Is pedology dead and buried? **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 35, p. 979-994, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N.F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Icone, 1990. 355 p.

BEEK, K.J. **Land evaluation for agricultural development**. Wageningen: ILRI Publ., 1978. 330 p.

BEZERRA, M.C.L.; VEIGA, J.E. (Org.) **Agricultura sustentável.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente; IBAMA; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000. 190 p.

BOARETTO, A.E. A evolução da população mundial, da oferta de alimentos e das ciências agrárias. **Revista Ceres,** Viçosa**,** V. 54, p. 513-526, 2009.

BOHRER, C.B.A. Vegetação, paisagem e o planejamento do uso da terra. **GEOgraphia**, Niterói, n. 4, p. 103-120, 2000.

BOSERUP, E. **Evolução agrária e pressão demográfica**. São Paulo: Hucitec; Polis, 1987. 141 p.

CARVALHO JÚNIOR, W.; CHAGAS, C.S.; PEREIRA, N.R.; STRAUCH, J.C.M. Elaboração de zoneamentos agropedoclimáticos por geoprocessamento: soja em municípios do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2003.

DIAMOND, J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. **Nature**, London, v. 419, p. 700-707, 2002.

DIEPEN van, C.A.; KEULEN, H. van; WOLF, J.; BERLHOUT, J.A.A. Land evaluation: from intuition to quantification. **Advances in Soil Science**, Baltimore, v. 15, p. 139-204, 1991.

ELIAS, D. O meio técnico-científico-informacional e a reorganização do espaço agrário nacional. In: MARAFON, G. J. (Org.); Rua, J.; RIBEIRO, M. G; **Abordagens teórico-metodológicas em geografia agrária**. Rio de Janeiro: Ed UERJ, 2007. 329 p.

ELSHEIKH, R.; SHARIFF, A.R.B.M.; AMIRI, F.; AHMAD, N.B.; BALASUNDRAM, S.K.; SOOM, M.A.M. Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): a decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, Cidade, v. 93, p. 98–110, 2013.

FAO. **A framework for land evaluation**. Rome, 1976. 66 p.

_____. **Land evaluation:** towards a revised framework. Rome, 2007. 124p.

FOLEY, J.A.; DEFRIES, R.; ASNER, P.G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.R.; CHAPIN, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI, J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KUCHARIK, C.J.; MONFREDA, C.; PATZ, J.A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.K. Global consequences of land use. **Science**, Washington, v. 309, p. 570-574, 2005.

FOLEY, J.A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K.A.; CASSIDY, E.S.; GERBER, J.S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N.D.; O'CONNELL, C.; RAY, D.K.; WEST, P.C.; BALZER, C.; BENNETT, E.M.; CARPENTER, S.R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROEM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D.P.M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, London, v. 478, p. 337-342, 2011.

FREIDRICH, T. Sustainable crop production intensification and the global development of conservation agriculture: the FAO's view. In: Crop World Congress & Exibition, Londres, 2010.

FUCK, M.P.; BONACELLI, M.B.M. A agenda da pesquisa pública frente às possibilidades de desenvolvimento agrícola. **Estudos Sociedade Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 5-26. 2008.

FULTON, M. (Org.) **Investing in agriculture:** far-reaching challenge, significant opportunity an asset management perspective. 2009. Disponível em: <http://www.dbcca.com/research>. Acesso em: 20 fev. 2013.

HENRIQUES, F. S. *A Revolução Verde e a biologia molecular.* **Revista de Ciências Agrárias**. Pernambuco, p. 245 – 254, 2009.

KALOGIROU, S. Expert systems and GIS: an application of land. **Computer, Environmental and Urban Systems,** Amsterdã, v. 26, p. 89–112, 2002.

KIMBRELL, A. (Org.) **Fatal harvest:** the tragedy of industrial agriculture. Washington: Island Press, 2002. 384 p.

LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso:** 4ª aproximação. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LEVETIN, E.; MCMAHON, K. **Plants and society.** New York: McGraw- Hill Science; Engineering; Math, 2011. 544 p.

LUELMO, J. **Historia de la agricultura en Europa y America**. Madrid: Colección Fundamentos, 1975. 469 p.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning,** Amsterdam, v. 62, p. 3-65, 2004.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo:** do neolítico à crise contemporânea. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. 560 p.

MEYER, A. de; ESTRELLA, R.; JACZSENS, P.; DECKERS, J.; ROMPAEY, A. van; ORSHOVEN, J. van. A conceptual framework and its software implementation to generate spatial decision support systems for land use planning. **Land Use Policy**, Amsterdã v. 35, p. 271–282, 2013.

NASCIMENTO, S.S. **As relações geopolíticas da agricultura brasileira no contexto mundial.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 375 p.

PEASE, J.R.; COUGHLIN, R.E. **Land evaluation and site assessment:** a guidebook for rating agricultural land. 2nd ed. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1996. 83p.

PEREIRA, J.M.; DUCKSTEIN, L. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability analysis. **International Journal Geographical Information Systems**, Florence, v. 7, p. 407-424, 1993.

PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras:** proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p.

RAALETE, E. van; RIEL, M. van (Org.). **The future of farming, the rise of the rural entrepreneur**. London: AB Publ., 2013. 160 p.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L.C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil:** potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 37 p.

RAMALHO FILHO, A.; OLIVEIRA, R.P.; PEREIRA, L.C. Use of geographic information systems in (planning) sustainable land management in Brazil: potentialities and user needs. **ITC Journal**, Amsterdã, v. ???, n. ???, p. 295-901, 1997.

RAMANKUTTY, N.; FOLEY, A.J. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. **Global Biogeochemical Cycles**, Nova Iorque, v. 13, p. 997-1027, 1999.

RAMANKUTTY, N.; EVAN, A.T.; MONFREDA, C.; FOLEY, J.A. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. **Global Biogeochemical Cycles**, Nova Iorque, v. 22, p. 1-19, 2008.

ROSA, D. de la. **MicroLEIS: conceptual framework.** Sevilla: Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia; CSIC, 2000. 31 p.

ROSA, D. de la; PEREIRA, F.M.E.; FERNANDEZ, M.; ROSA Jr., D. de la. A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to the Mediterranean region. **Environmental Modelling & Software**, Amsterdã, v.19, p. 929–942, 2004.

ROSSITER, D.G. A theoretical framework for land evaluation. **Geoderma**, Amsterdã, v. 72, p. 165-202, 1996.

_____. Economic land evaluation: why & how. **Soil Use & Management**, Nova Iorque, v. 11, p. 132-140, 1995.

SACHS, J. Monitoring the world's agriculture. **Nature**, London, v. 466, p. 558-560, 2010.

SANCHEZ, P.; PALM, C.A.; BUOL, S.W. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. **Geoderma**, Amsterdã, v. 114, p. 157–185, 2003.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova:** da crítica da geografia a uma geografia crítica. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1980. 285 p.

SIMONSON, R.W. **Historical highlights of soil survey and soil classification with emphasis on the United States, 1899-1970**. Wageningen: ISRIC Search, 1989. 83 p.

STEELE, J.G. **Soil survey interpretation and its use.** Rome: FAO, 1967. 68 p. (Soil Bulletin, nº8).

VEIGA, J.E. **O desenvolvimento agrícola:** uma visão histórica. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2007. 240 p.

VERHEYE, W.H. **Land use and land cover.** Oxford: EOLSS Publ., 2009. v. 2: Land evaluation, 28 p.

3 CARACTERIZAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO AGRÍCOLA ENTRE 1940 E 2006 NO BRASIL

Resumo

O processo de ocupação por pastagens e lavouras que foi incisivamente reconfigurada nos últimos 50 anos. Para analisar estas mudanças é preciso de uma metodologia capaz de espacializar a utilização das terras. Neste trabalho, se deu através da relação entre os dados das áreas de lavoura e pastagem do Censo Agropecuário de 1950, 1985 e 2006, agrupados em AMC (Área Mínima Comparável), com os dados da TNC (The Nature Conservancy) de 2008 utilizando técnicas de geoprocessamento. Os resultados foram que as pastagens naturais que dominavam até os anos 60 foram gradativamente substituídas pelas pastagens plantadas, principalmente no Sudeste e Centro Oeste brasileiro. As áreas de cultivo, que tiveram forte expansão até os anos 80, sofreram retração ou manutenção das áreas em quase todas as regiões brasileiras. Portanto, a mudança na ocupação das pastagens e lavouras se repetem os fatores históricos da consolidação e expansão das fronteiras agropecuária.

Palavras-chave: Uso da Terra; Uso agrícola; Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Abstract

The occupation of pastures and crops that was pointedly reconfigured in the last 50 years in Brazil. To analyze these changes a methodology is need to spatialize the Land Use. In this work, was made through the relationship between the data of cropland and pasture Census of Agriculture 1950, 1985 and 2006, grouped into AMC with data from TNC 2008 using GIS techniques. The results were that the grasslands that dominated until the 60s were gradually replaced by planted pastures, mainly in the Brazilian Southeast and Midwest. Cultivation areas, which had strong growth until the '80s, suffered decline or keep areas in almost all regions of Brazil. Therefore, the change in the occupation of pastures and crops repeat the historical factors of consolidation and expansion of agricultural frontiers.

Keywords: Land Use; Land Use Change; Geographic Information System (GIS)

3.1 Introdução

O mapeamento do uso e ocupação das terras indica os padrões das atividades humanas no espaço e tempo. Por isto, é o método mais indicado nos estudos que espacializem as dinâmicas históricas da ocupação de lavouras e

pastagens. No Brasil estes mapeamentos ocorriam desde a colonização brasileira, período que tinha uma maior importância o conhecimento das terras disponíveis para agricultura. Porém, o primeiro trabalho que sistematizou a elaboração de mapas de uso da terra foi por volta da década de 60, como o primeiro Mapeamento da Utilização da Terra de Elza Keller, publicado em 1969 (IBGE, 2006b).

Outro estudo com grande notoriedade foi o do autor Nilo Bernardes em 1961 com o trabalho intitulado: “Características gerais de agricultura brasileira no século XX” (IBGE, 2006b). Neste artigo o autor utilizou os dados do Censo Agrícola de 1950 e elaborou uma série de produtos, como cartogramas da estrutura fundiária brasileira e mapas sobre a utilização da terra (ver mapa A1 do Anexo A). A importância desta publicação foi mostrar a desigualdade existente no campo brasileiro, seja nos aspectos econômicos ou sociais, através dos dados de uso da terra.

Posteriormente a modelagem e análise da utilização das terras se aprimoraram com as imagens de satélite, com as técnicas de quantificação, estáticas e as dos Sistemas de Informação Geográficas (MONTEIRO, 2008). Além disto, o IBGE em 1996 elaborava sua primeira versão do Manual Técnico de Uso da Terra, que contribuiu para normatizar os mapeamentos, criando um sistema de classificação (IBGE, 2013).

Logo, cada vez mais os mapas de uso da terra são aplicados na elaboração das políticas públicas orientadas ao planejamento e tomadas de decisão. São úteis para muitas pesquisas, que os utilizam no cálculo dos efeitos decorrentes de seus impactos, como a emissão de carbono. E, principalmente nos dias de hoje, servem para garantir a sustentabilidade diante das consequências sociais e ambientais das ocupações expansivas do uso da terra.

O objetivo do presente capítulo é testar uma metodologia para elaboração de mapas históricos de uso da terra, apontando a ocupação da agropecuária brasileira. Os resultados obtidos servirão para analisar as transformações históricas sobre o meio na agricultura e pecuária, influenciadas pelas políticas expansionistas, pelo aporte tecnológico e pela agenda ambiental.

3.1.1 Breve histórico da ocupação da agricultura brasileira

A história da ocupação da agricultura no Brasil confunde-se com a da formação de nosso território e sociedade, dada à força que esta atividade tem de impulsionar a ocupação humana. Esse processo de expansão é complexo por sua diversidade de fatores, atores e perspectivas teóricas. Dada à natureza deste problema é fundamental que sua análise seja pautada pelo aspecto histórico-geográfico.

A atividade agrícola, entendida como uma atividade econômica especializada, intensiva e permanente é, segundo Szmrecsányi (1990), uma prática recente no Brasil. Do período do século XVI até meados do século XVII, as práticas agrícolas desenvolvidas eram intermitentes e se confundiam com as do extrativismo, que tinham na exploração de madeira seus maiores ganhos.

Além de não haver incentivos para agricultura comercial, a coroa portuguesa restringia a produção e exploração em poucas atividades e privilegiava determinadas regiões cobrando impostos e controlando, com monopólio, o comércio entre o reino e a colônia. Um das regiões privilegiadas foi a da faixa litorânea, em principal aquela situada ao longo da costa nordestina, onde havia o predomínio da grande lavoura exportadora.

O modelo da grande lavoura se desenvolveu com o aumento da demanda por açúcar e algodão devido à Revolução Industrial na Inglaterra. A organização social destas lavouras se dava pelos seguintes componentes; grandes latifúndios, monocultura de exportação, promoção de oligarquias locais, utilização de mão de obra escrava (negros e índios), uso de técnicas de cultivo primitivas e baixos rendimentos por área e por pessoa (LINHARES, 1981).

Complementando as atividades do litoral brasileiro, outra região pertencente ao território colonial era a do sertão, onde se desenvolveu a pecuária extensiva. A pecuária atendia a demanda por carne, força motriz e transporte para a produção açucareira que se estabeleceu no sertão nordestino e no sul do país. O sistema utilizado era o de criação extensiva e estava associado, muitas vezes, com a extração de sal para produção de charque (ANDRADE, 1995).

Com a crise do pacto colonial possibilitou-se condições para a formação de uma economia interna, com seus próprios mecanismos de decisão e poder. A estrutura espacial brasileira deste período, do século XIX ao começo do XX, é

denominada por Becker e Egler (1993) como *“arquipélago mercantil”*, descritas como sendo áreas desarticuladas entre si e com o centro em cidades portuárias.

Como exemplos o Centro Cafeeiro, com sede no Rio de Janeiro; o Nordeste açucareiro e algodoeiro, centradas no Recife; a Bahia produtora de açúcar e fumo e mais tarde cacau com sede em Salvador; o Sul com a pecuária de charque e a Amazônia com a exportação das drogas do sertão, extração da borracha, com sede em Belém e depois Manaus O Centro Cafeeiro produziu excedentes de capital e mão de obra, permitindo a criação de novas parcerias estratégicas e infraestrutura de transporte, o que resultou na base para industrialização brasileira.

A partir de então, no inicio do século XX, a industrialização consolida o mercado interno, com o aumento da demanda de matéria-prima, mão de obra e alimentos para a população urbana. Este processo acarretou o início da industrialização da agricultura brasileira e importantes alterações na estrutura territorial, rompendo o isolamento regional através da articulação entre as regiões (FURTADO, 2005).

Concomitante a esta articulação, ocorria à globalização da economia nacional, que permitiu a reestruturação produtiva da agropecuária e a reorganização do espaço agrícola brasileiro, com investimentos em infraestruturas, pesquisa e regulação, tornando-a mais tecnificada e científica. As mudanças de base técnica, determinantes para a agropecuária industrializada e globalizada foram (ELIAS, 2000; CASTILLO, 2008): inovações mecânicas, químicas, biotecnológicas e a informacional.

As inovações mecânicas foram difundidas durante a década de 1950, com a fabricação de arado e colheitadeira mecanizados e de tratores. As inovações químicas incorporadas na década de 1960, com o consumo de insumos artificiais como agrotóxicos, fertilizantes e corretivos no processo produtivo. As inovações biotecnológicas, ocorridas na década de 1970, permitiu o melhoramento genético de sementes e fundamentou a base da Revolução Verde. Já as inovações de informação e comunicação utilizam da agricultura de precisão, do monitoramento de riscos climáticos, da articulação em redes, entre outras inovações que ocorrem na década de 1990.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O território brasileiro é caracterizado pela grande extensão de terras, 8.515.767 km². Esta extensão permite a composição de um mosaico diversificado de ecossistemas, tipos de clima, topografia, solo e vegetação. A combinação destes elementos em biomas ocorre em cinco tipos distintos tendo a seguinte distribuição: 49,3% das áreas do bioma Amazônia, 23,9% Cerrado, 13% Mata Atlântica, 9,9% Caatinga, 2,1% Pampa e 1,8% Pantanal (IBGE, 2005).

Esta configuração coloca o país em destaque no cenário internacional, dada a abundância da biodiversidade, recursos hídricos e minerais presentes nos biomas. Devido a essa profusão de recursos e às condições propícias para agricultura, os biomas foram transformados em um intenso processo de ocupação humana, denominado de antropização ou antropismo (IBGE, 2010).

O resultado deste processo histórico da antropização pode ser quantificado com a divisão da utilização das terras no Brasil. Grande parte das terras estão ocupadas, cerca de 64% ou 5.4 milhões de km^2, e 36% sem ocupação definida, equivalente a 3.1 milhões de km$^{2.}$ Nas áreas ocupadas, as maiores parcelas são destinadas às atividades da agropecuária, 25% do total, e nas áreas com unidades de conservação ou de terras indígenas, cerca de 30% do toal (SPADOTTO, 2012) evidenciado pela figura 6.

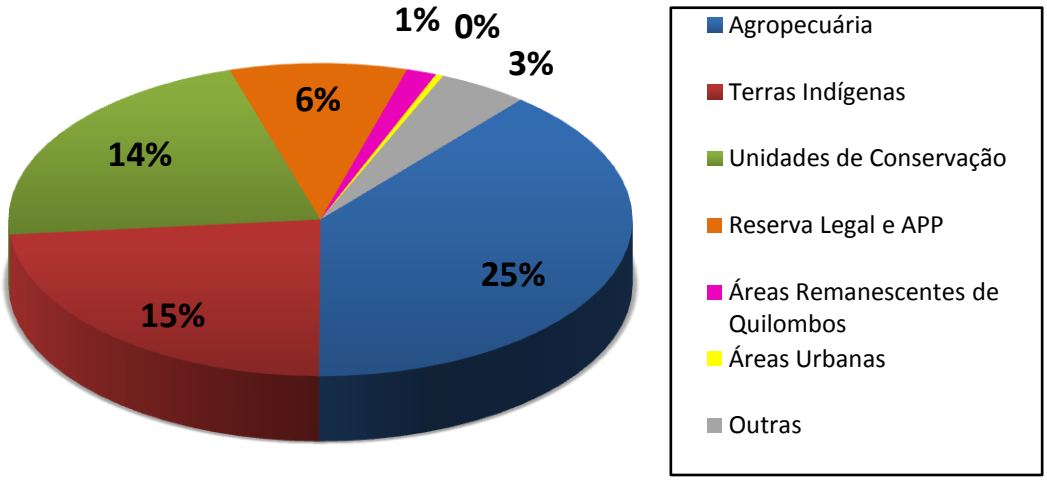


Figura 6 - Ocupação das terras no Brasil
Fonte: Spadotto (2012), organizado pelo aluno

3.2.2 Organização da base de dados

Os dados utilizados foram coletados no Censo Agropecuário, realizados pelo IBGE e disponibilizados no site IPEADATA (2011). Este tipo de pesquisa censitária investiga os estabelecimentos agropecuários e as atividades nele desenvolvidas, obtendo informações das características tanto sobre o produtor como do estabelecimento, além de outros mais gerais que diz respeito à agricultura, pecuária e agroindústria (FLORIDO, 2013).

Como a finalidade desta pesquisa é análise histórica da utilização das terras, os dados utilizados da cobertura de pastagem e lavoura foram os mais antigos e com a escala mais detalhada possível. Sendo assim, os dados encontrados foram os dos Censos de 1940, 1950, 1985 e 2006, e a escala adotada é a AMC (Áreas Mínimas Comparáveis) para os anos de 1940, 1950 e 1985 e municipal para o ano de 2006. É importante ressaltar que para os dados de pastagem de 1940, devido à inconsistência na metodologia em diferenciar os registros relativos às pastagens artificiais e naturais, optou-se por usar os de 1950.

Para o dado de vegetação natural, a compilação e organização foram realizadas pela The Nature Conservancy (TNC), que usou dados de programas oficiais e obtidos pela própria TNC que tivessem o maior detalhamento e consistência possível. Desta forma, a utilização das terras foi agrupada em três dados; **lavoura** onde incluem as áreas plantadas e permanentes no plantio de culturas, **pastagem** que consiste nas pastagens naturais e as plantadas, ou artificiais, e de **vegetação natural**, esquematizados na tabela 2.

Tabela 2 - Dados da utilização das terras no período de 1940, 1985 e 2006 no Brasil

Nome	Origem	Tipo	Unidade	Escala	Ano	Fonte
Pastagem	Pastagens Naturais	Tabular	Hectare	AMC 1940; AMC 1985 e Divisão Municipal 2010	1950 ; 1985 e 2006	Censo Agropecuário-IBGE
	Pastagens Artificiais	Tabular	Hectare	AMC 1940; AMC 1985 e Divisão Municipal 2010	1950 ; 1985 e 2006	Censo Agropecuário-IBGE
Lavoura	Lavoura Permanente	Tabular	Hectare	AMC 1940; AMC 1985 e Divisão Municipal 2010	1940 ; 1985 e 2006	Censo Agropecuário-IBGE
	Lavoura Temporária	Tabular	Hectare	AMC 1940; AMC 1985 e Divisão Municipal 2010	1940 ; 1985 e 2006	Censo Agropecuário-IBGE
Vegetação Natural	Vegetação Natural	Raster	Hectare	Nacional	2003	TNC

3.2.3 Mapa histórico do uso da terra

O método utilizado para obtenção dos mapas históricos do uso da terra é semelhante aquele apresentado em Leite et. al. (2012). O estudo é o mais consistente que tenha abordado a reconstrução histórica do uso da terra no Brasil. Esta reconstrução foi obtida por meio da fusão de imagens de satélite com dados do censo agropecuário, no período de 1940 a 1995, fornecendo um conjunto de dados anual de uso da terra em três categorias diferentes: lavouras, pastagens plantadas e pastagens nativas.

Este método foi adaptado para que melhor se adequasse aos dados utilizados na atual pesquisa. Logo, a comparação dos períodos históricos foi através da escala das Áreas Mínimas Comparáveis (AMC). A AMC tem por intenção estabelecer áreas geográficas comuns para comparações intertemporais de dados disponíveis em

nível municipal, realizados nos censos de 1872 a 2000. Isso possibilita mensurar e analisar eventos históricos com o mesmo alcance regional e espacial (REIS; PIMENTEL; ALVARENGA, 2008).

A AMC é gerada com a união ou junção dos limites geográficos das áreas municipais criadas ou modificadas, dependendo do período de referência. De modo que a divisão da AMC é distinta da divisão municipal da época. Conforme mostra a figura 7, que compara a AMC de 1940-2000 e 1970- 2000 com a divisão municipal de 1940 e 1985, os polígonos municipais são menores do que os da AMC.

Para obter os mapas vetores da AMC foi realizada as seguintes etapas: 1) organizar os dados por AMC em uma tabela Excel 2) relacionar os geocódigos municipais de 2000 com as respectivas AMC 3) exportar a tabela convertida para o software Arcgis 10.0 e adiciona-la (JOIN TABLE) com o vetor da divisão municipal em 2000 (mcp_br_2000.shp) 4) Dissolver os polígonos municipais para AMC e eliminar os polígonos com área menor de 1Ha. No final, obteve-se o vetor da AMC 1940-2000 (amc_1940.shp), referente aos dados de 1940 e 1950, e o da AMC 1970-2000 (amc_1970.shp), para os dados de 1985.

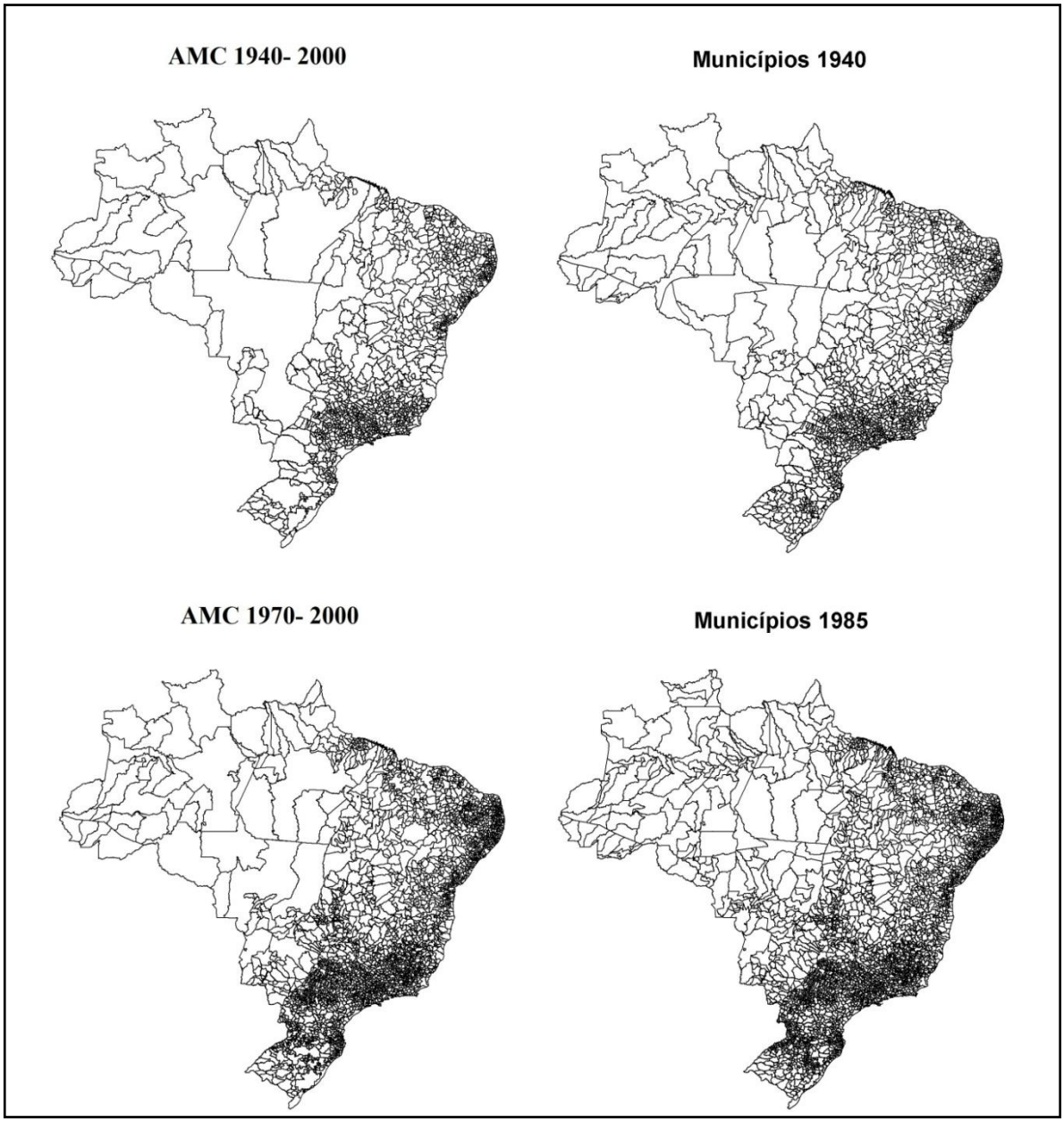


Figura 7 - Comparação entre a malha da AMC 1940-2000 e 1970-2000 com as malhas municipais de 1940 e 1985

O passo seguinte foi criar os polígonos de corte proporcionais às áreas de lavoura e pastagem em cada período. Para isso foram gerados, no software ARCGIS 10.0, buffers a partir do centróide de cada polígono (municipal ou AMC) utilizando os dados da área de lavoura e pastagem do censo agropecuário, através da seguinte expressão:

$$\mathbf{R} = \sqrt{\frac{\mathbf{A} * \mathbf{10.000}}{\boldsymbol{\pi}}}$$

R= Raio (m)

A= Área lavoura ou pastagem 1940; 1985 e 2006 (ha)

Fórmula 01: Cálculo do raio do buffer

Os buffers gerados foram transformados em arquivo raster e depois extraídos as áreas de vegetação pela máscara gerada através do dado de vegetação natural da TNC, como mostra a figura 8. O resultado foi os seguintes mapas do Uso Histórico da Terra (UHT):

- **UHT Lav 1940/ UHT Lav 1985/ UHT Lav 2006 (Lavoura)**
- **UHT Past 1950/ UHT Past 1985/ UHT Past 2006 (Pastagem)**

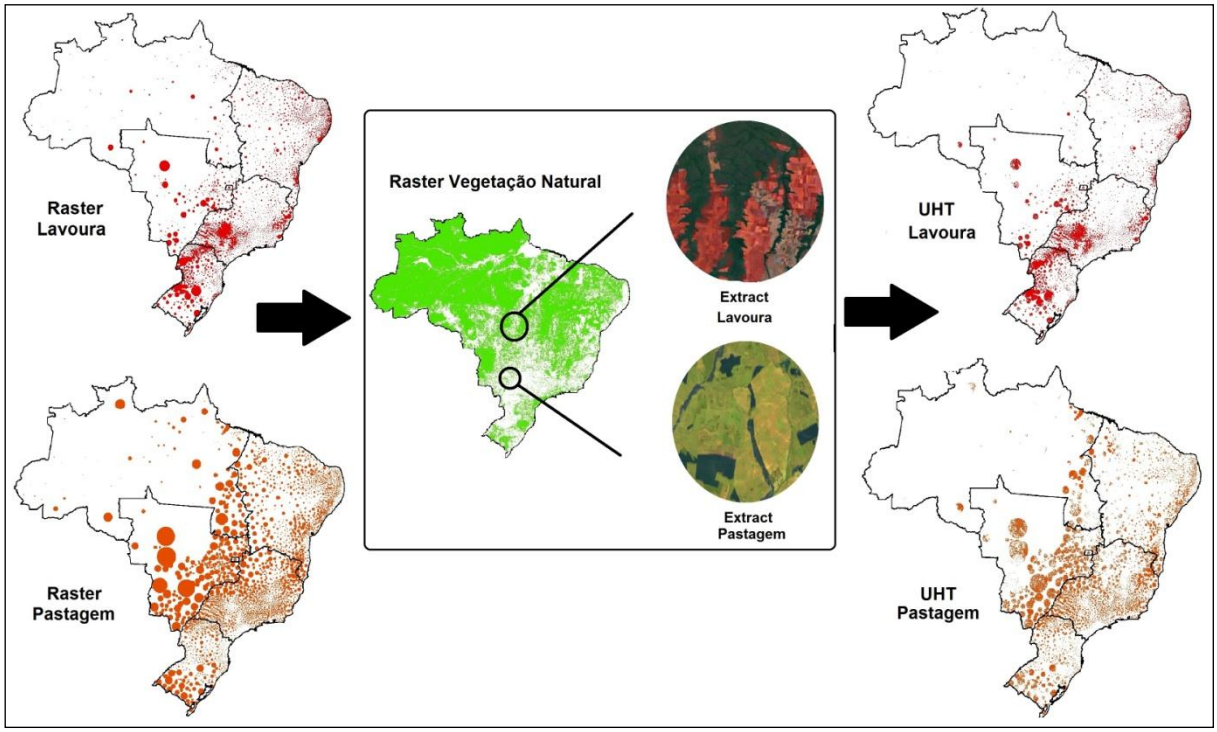


Figura 8 - Representação esquemática para obtenção do mapa UHT.

A simplificação do método Leite et. al. (2012) é eficiente quando aplicada a escalas pequenas, porém há algumas ponderações a serem feitas:

- A escolha pelo ponto aleatório ou centroide para elaborar o buffer não altera o resultado, já que não existe relação entre a ocupação e o desenho dos polígonos municipal e AMC.

- O uso desta máscara foi necessário, pois grande parte da cobertura do território nacional é de vegetação natural, validado assim, a cobertura pelas pastagens e lavouras.
- Os diferentes tamanhos dos polígonos da AMC inferem um prejuízo no resultado da UHT, o que é amenizado pela relação entre as áreas do polígono do UHT e da AMC.

3.3 Resultados e Discussão

Entre os anos de 1950 até 2006, a área ocupada pelos estabelecimentos agropecuários praticamente dobrou. São aproximadamente 190 milhões de hectares ocupados em 1950 ante 330 milhões em 2006, como demonstra a figura 9. As ocupações por lavouras e pastagens tiveram mudanças significativas ao longo deste período. A área de lavoura foi triplicada e as pastagens aumentaram em mais de 150%, com uma significativa redução das pastagens naturais e aumento das pastagens plantadas. Chama atenção o fato da área de matas e florestas naturais terem dobrado de área, uma das justificativas é o aumento dos estabelecimentos nas áreas de fronteira agrícola na região Norte e Centro-Oeste.

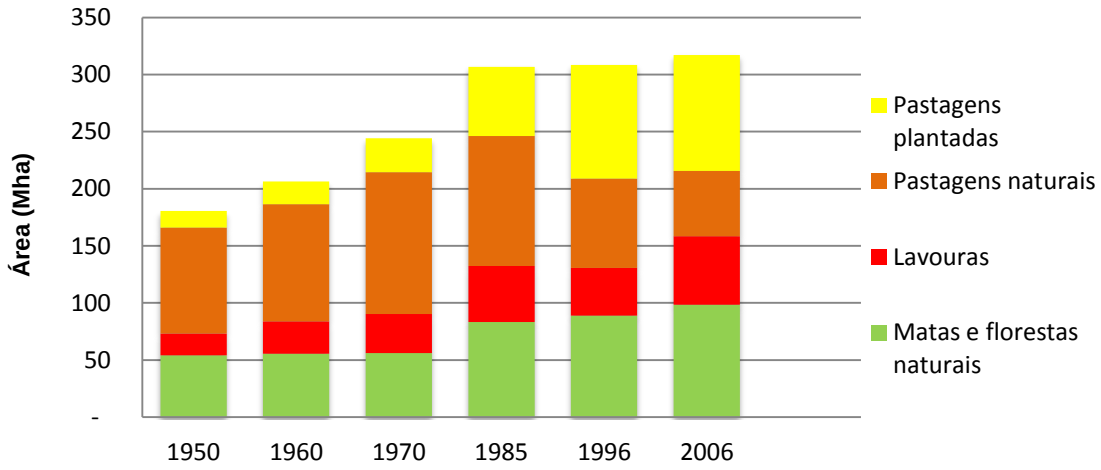


Figura 9 - Utilização das terras no Brasil nos estabelecimentos agropecuários (ha)

Este aumento de áreas foi promovido pela dinâmica de expansão das terras, que ocorre de forma diferenciada no tempo e espaço. Os resultados obtidos pelos mapas de uso e ocupação das terras puderam detalhar melhor esta afirmação. Para isso, a comparação entre os mapas elaborados foi dividida em dois períodos; o

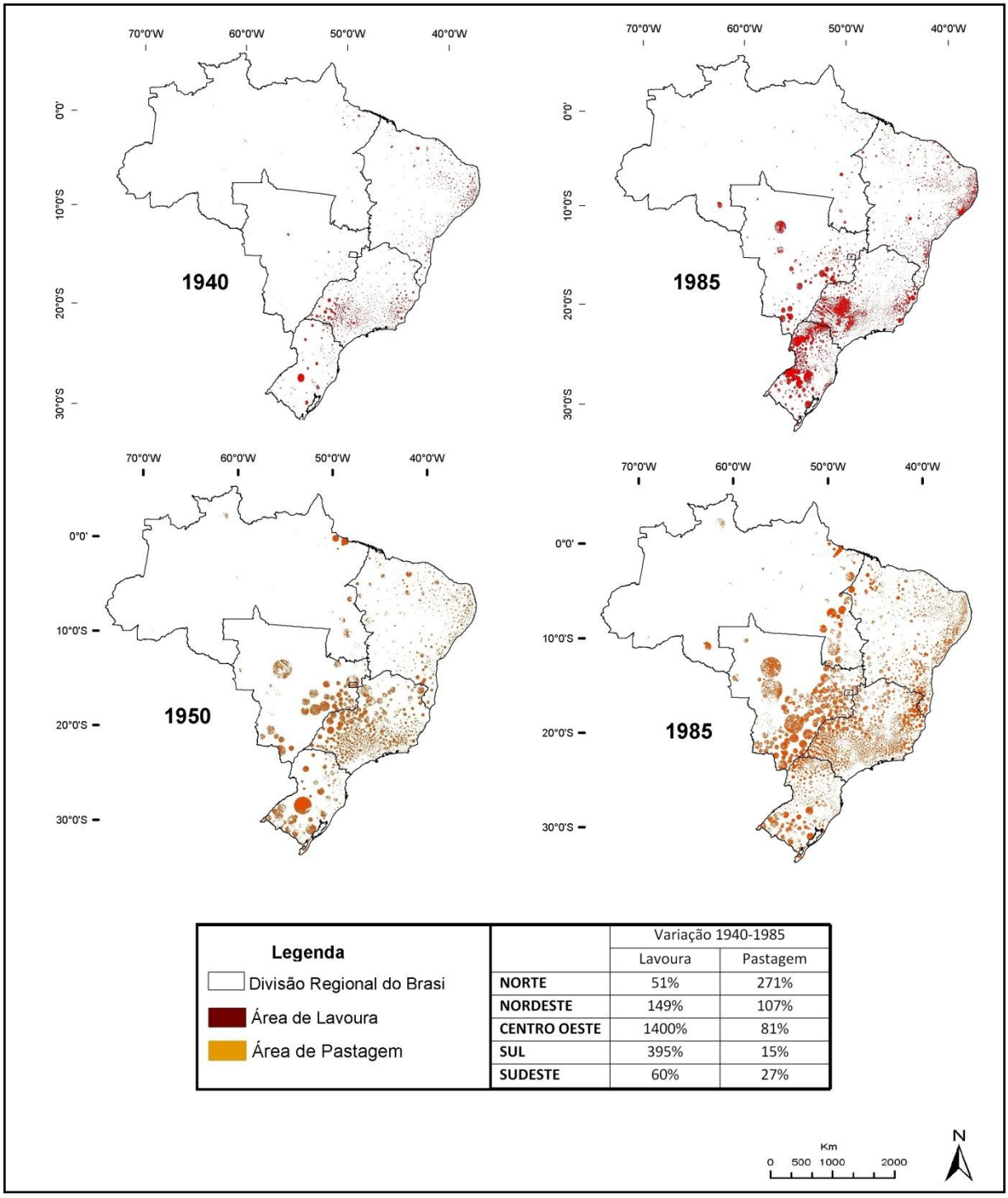
primeiro de 1940 até 1985 e o segundo de 1985 até 2006. Esta divisão permite detectar melhor as mudanças ocorridas na consolidação das tecnologias industriais ao longo do tempo.

Os resultados encontrados no primeiro período podem ser observados no mapa de ocupação das terras por lavoura e pastagem, na figura 10. A análise foi baseada nas divisões regionais, de acordo com IBGE. A região Centro Oeste foi a que mais se destacou pela expansão de áreas, tanto de lavoura quanto de pecuária. As áreas de lavoura tiveram uma expansão de 1.400% entre 1940 e 1985, ou superior a 6,5 Mha (Milhões de hectares), e as áreas ocupadas por pastagens um crescimento de 81%.

Esta expansão pode ser entendida como consequência de políticas adotadas nas áreas de fronteira agrícola, que se encontravam no Norte e Centro Oeste, especialmente nos anos 70 e 80. Administradas durante o governo militar serviam para incentivar o uso agrícola das terras com fins de exportação. O estímulo se deu com linhas de crédito e incentivos fiscais para os agricultores povoarem as regiões do Cerrado. Três projetos que se destacaram pelo financiamento do governo foram: o PADAP[15]; POLOCENTRO[16]; e o PRODECER[17]. Somente o PRODECER envolveu sete estados, incorporando 345 mil hectares e reforçou a dinâmica expansionista com a ocupação de colonos em regiões afastadas, onde disseminaram as tecnologias industriais (OLIVEIRA, 1996).

Simultaneamente aos programas oficiais, havia também a colonização privada com a migração de agricultores do oeste do Rio Grande do Sul e Paraná. Estes agricultores ocuparam terras do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Rondônia, atraídos pelos incentivos fiscais e pelo baixo preço das terras (SANTO, 2001). O resultado é que estas políticas mobilizaram grandes investimentos nas áreas do sudoeste de Goiás, centro de Mato Grosso e oeste do Mato Grosso do Sul.

[15] Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba
[16] Programa de Desenvolvimento dos Cerrados
[17] Programa de Cooperação Nipo Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados



	Variação 1940-1985	
	Lavoura	Pastagem
NORTE	51%	271%
NORDESTE	149%	107%
CENTRO OESTE	1400%	81%
SUL	395%	15%
SUDESTE	60%	27%

Figura 10 - Representação esquemática da comparação entre os Mapas de Lavoura 1940 e 1985 e Pastagem 1950 e 1985

No Norte houve expansão tanto de lavoura, em 51%, quanto de pastagens em 271%. O aumento expressivo das pastagens foi mais evidente no eixo que cruza do Tocantins ao Pará. Já que nestas áreas grandes projetos de infraestrutura, como

os da rodovia Belém-Brasília e da Transamazônica, eram investidos pela SPVEA[18]. O objetivo era trazer mais desenvolvimento de atividades econômicas à região da Amazônia e integrar com a produção do território nacional (PRATES, 2011; HOMMA, 2003).

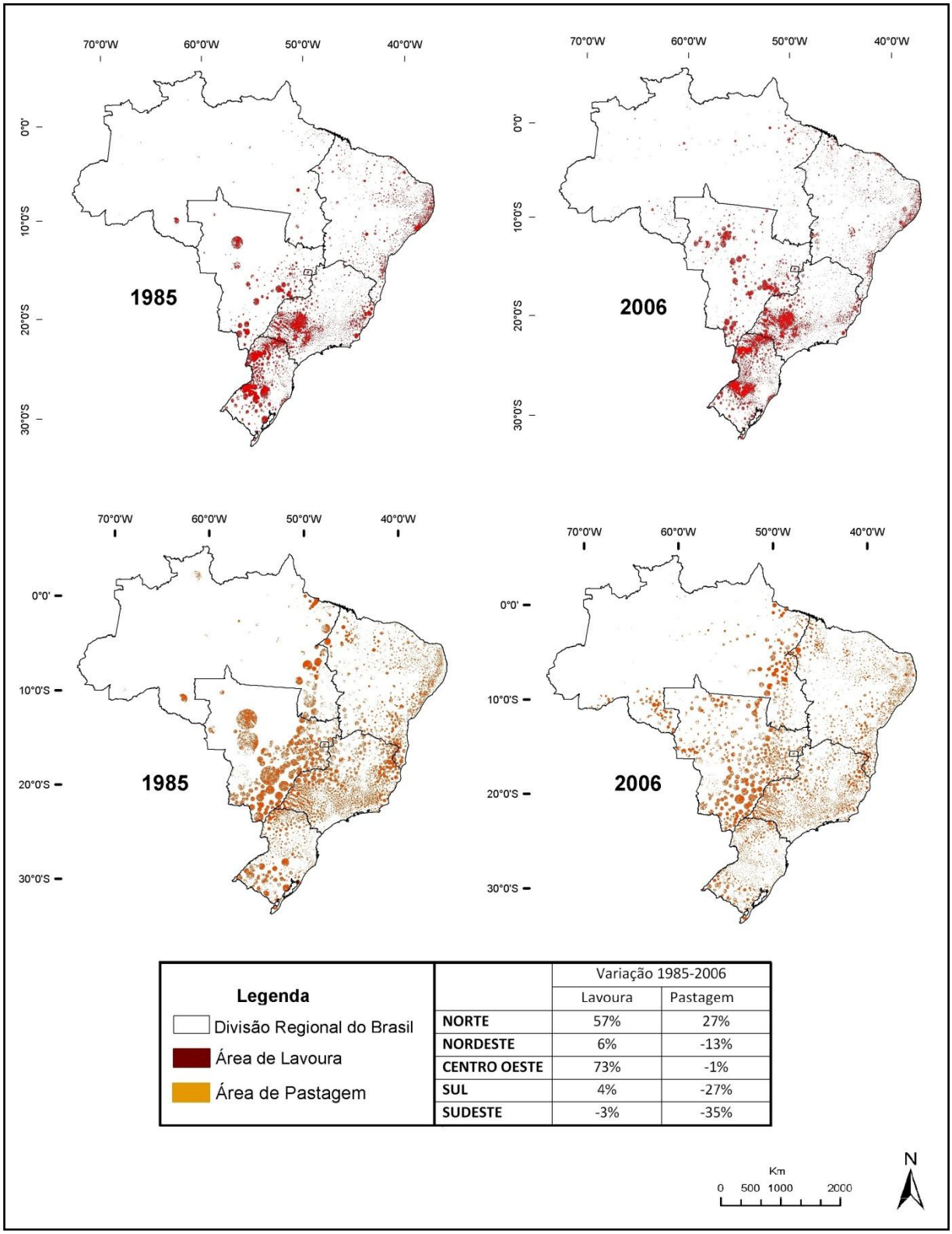
Como consequência, muitos agricultores ocuparam estas áreas para criação de gado, a maioria em áreas de pastagens naturais. Já que na região da fronteira a extensão das terras é elevada e com baixo custo, o que não demandava intensificação das áreas. Outro motivo também foi pelo fato das políticas de colonização, como o Projeto Integrado de Colonização (PIC), garantirem poucas condições para atividade agrícola e de acesso tecnológico, devido a esta precariedade a alternativa eram as pastagens naturais.

Nas regiões onde a agropecuária era tradicionalmente ocupada, como o Sul, Sudeste e Nordeste, também ocorreu expansão entre 1940 e 1985. Um destaque foi o crescimento das lavouras na região Sul, de 395%, mais de 11 Mha, localizadas em sua maioria no oeste do Paraná e Rio Grande do Sul. No oeste do Paraná, os agricultores se adaptaram as culturas mecanizáveis a partir dos anos 70, cultivando grãos como a soja.

No Nordeste a expansão das lavouras variou com um aumento de 149% e as de pastagens em 107%, sendo esta região com a maior expansão de pastagem para este período. Foram agregados 8,5 Mha de áreas de pastagem, principalmente no oeste do Maranhão, Piauí e sul da Bahia. E o Sudeste teve um aumento da lavoura em 60% e crescimento da pastagem de 27%. As lavouras concentraram-se no centro oeste Paulista e a pastagem no noroeste de Minas Gerais, norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

No segundo período, entre 1985 e 2006, houve uma mudança na dinâmica da ocupação, como mostra o mapa de lavouras e pastagens na figura 11. As áreas de pastagens tiveram uma retração ou diminuíram sua taxa de crescimento em todas as regiões. Com relação às áreas de lavoura, quase todas passaram por manutenção ou retração.

[18] SPVEA: Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia



	Variação 1985-2006	
	Lavoura	Pastagem
NORTE	57%	27%
NORDESTE	6%	-13%
CENTRO OESTE	73%	-1%
SUL	4%	-27%
SUDESTE	-3%	-35%

Figura 11 - Representação esquemática da comparação entre os Mapas de Lavoura 1995 e 2006 e Pastagem 1985 e 2006

Ainda que a agropecuária tenha crescido na fronteira agrícola, o índice de expansão foi menor. Por exemplo, o Centro Oeste que antes crescia a uma taxa acima de 1.000% diminuiu para 70% no segundo período. Já no Norte a expansão

das lavouras teve um pequeno aumento, antes era de 51% passou para 57%, mas as pastagens que antes estavam crescendo em uma taxa superior a 200% agora crescem a 27%. A produção de pastagens nos estabelecimentos recenseados concentrou-se no norte de Mato Grosso, no estado de Rondônia, nordeste do Pará e norte do Tocantins. E as de lavoura no noroeste do Mato Grosso, norte de Mato Grosso do Sul, nordeste do Pará, na divisa entre Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (MAPITO).

A diminuição de pastagem pode ser entendida com base em alguns pressupostos, como o da intensificação e o da competitividade. O primeiro ocorre pelo avanço das tecnologias nas pastagens artificiais, demonstrado na figura 12. Desde a década de 1970 as pastagens artificiais avançaram no Brasil, sendo em 1996 superiores as naturais. Ao mesmo tempo, os números de cabeças de gado aumentaram, com uma ascensão da curva em 1996, quando as pastagens artificiais foram superiores.

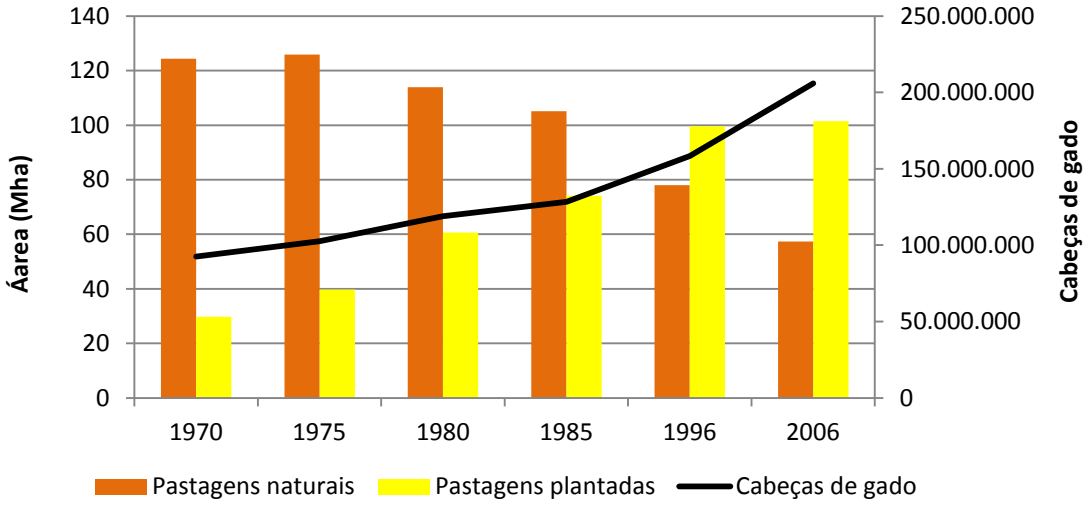


Figura 12 - Área das pastagens naturais e plantadas versus número de cabeças de gado

A segunda hipótese é que o aumento das pastagens plantadas competiu com a agricultura e elevou o preço das terras, obrigando os produtores a diminuírem as áreas de pastagens ou migrassem para as regiões de fronteira, onde o preço das terras é menor. Isto se explica com o aumento das pastagens plantadas no Centro Oeste e Norte ao longo do tempo, conforme a figura 13.

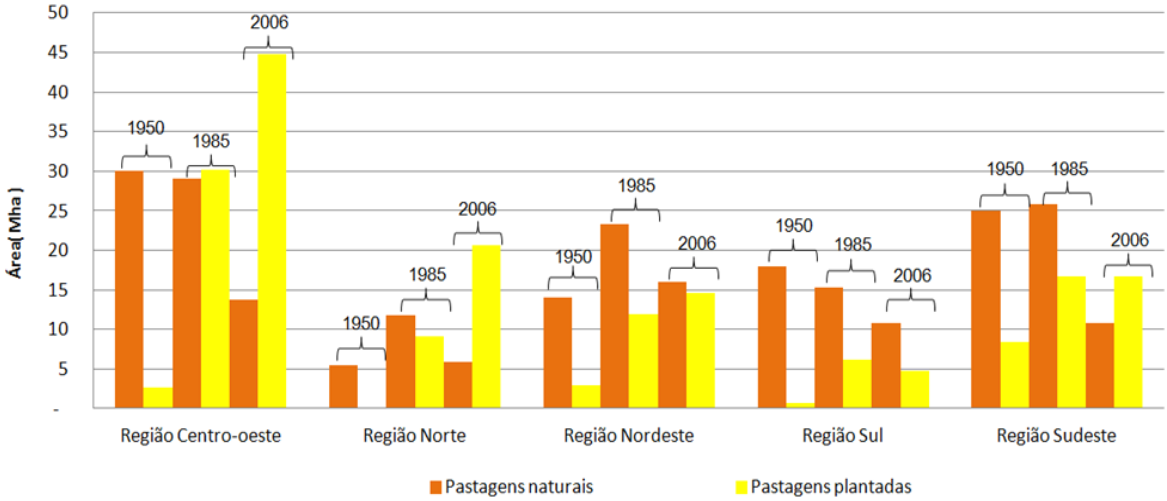


Figura 13 - Pastagens Naturais e Pastagens Plantadas por ano censitário e região

A intensificação das áreas também refletiu na retração ou manutenção das áreas de lavouras. Incentivadas por políticas de atração de tecnologias e indústrias em todas as regiões do Brasil. O dado apresentado pela figura 14 expressa o aumento de mais de 1.000% no número de tratores em relação à década de 50. Que foi destinado principalmente nas produções da região Sudeste, que teve a maior retração, de 35%.

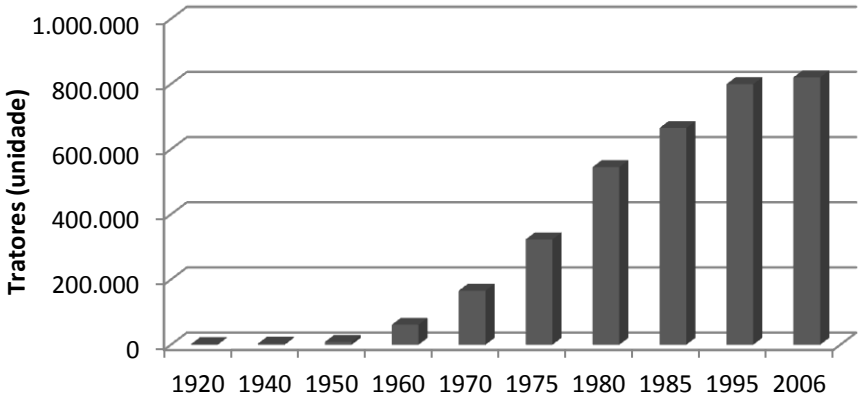


Figura 14 - Número de unidades de tratores por ano censitário no Brasil

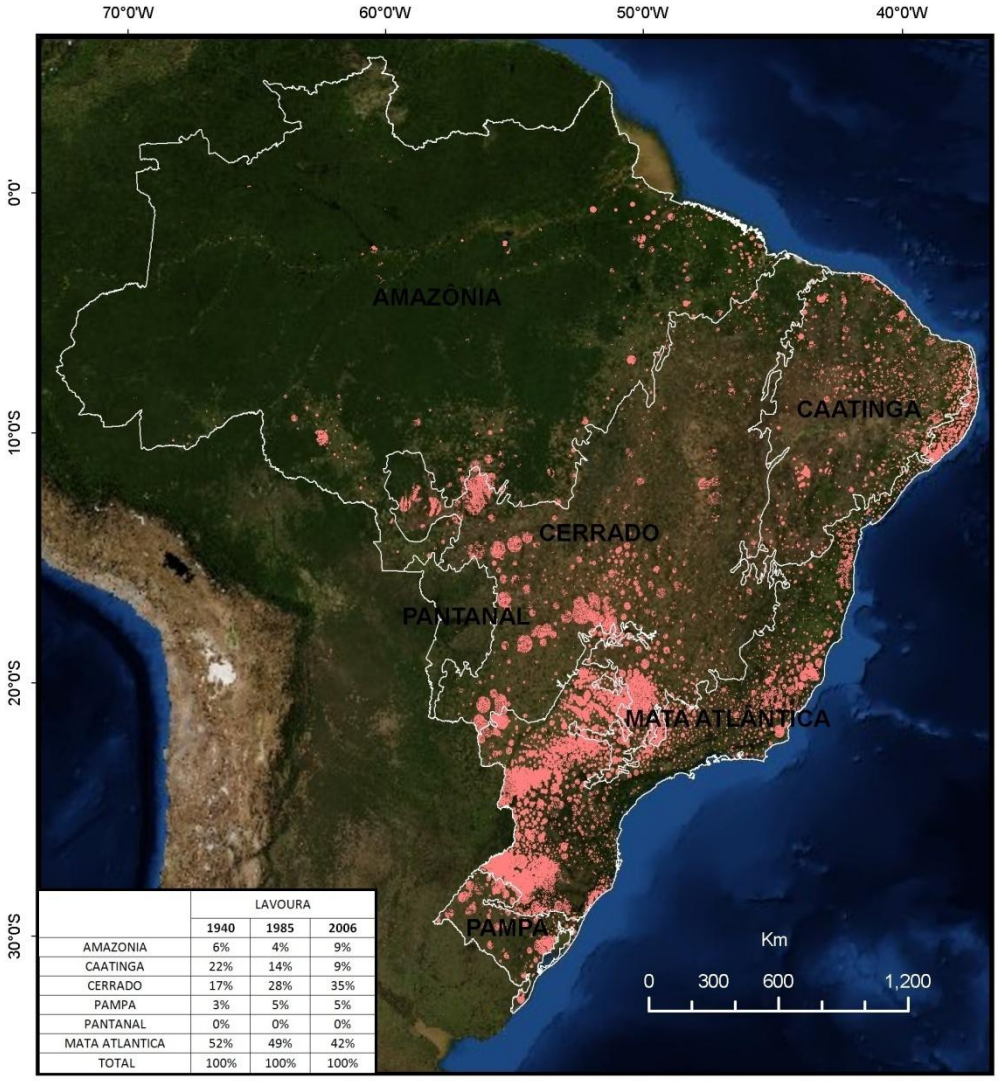
Algumas instituições foram importantes neste processo, como a EMBRAPA[19] criada em 1972 e vinculada ao MAPA[20], investindo em pesquisa e tecnologia para o desenvolvimento da agricultura e pecuária tropical. As tecnologias desenvolvidas objetivam aumentar a produtividade da terra e também eliminar sua ociosidade,

[19] Empresa Brasileira de Agricultura e Pecuária
[20] Ministério da Agricultura e Abastecimento

criando, por exemplo, equipamentos adaptados para o pequeno agricultor. Além disso, elas ampliam o conhecimento sobre os biomas, clima, vegetação e solos do Brasil (ALVES, 2001).

A intensificação do uso de tecnologias industriais ainda não foi suficiente para evitar a expansão em áreas de fronteira. Esta dinâmica tem contribuído fortemente para a substituição da vegetação natural, de forma mais rápida e com maior proporção do que nas demais regiões. Como consequência, os biomas Cerrado e Amazônia são os mais ameaçados.

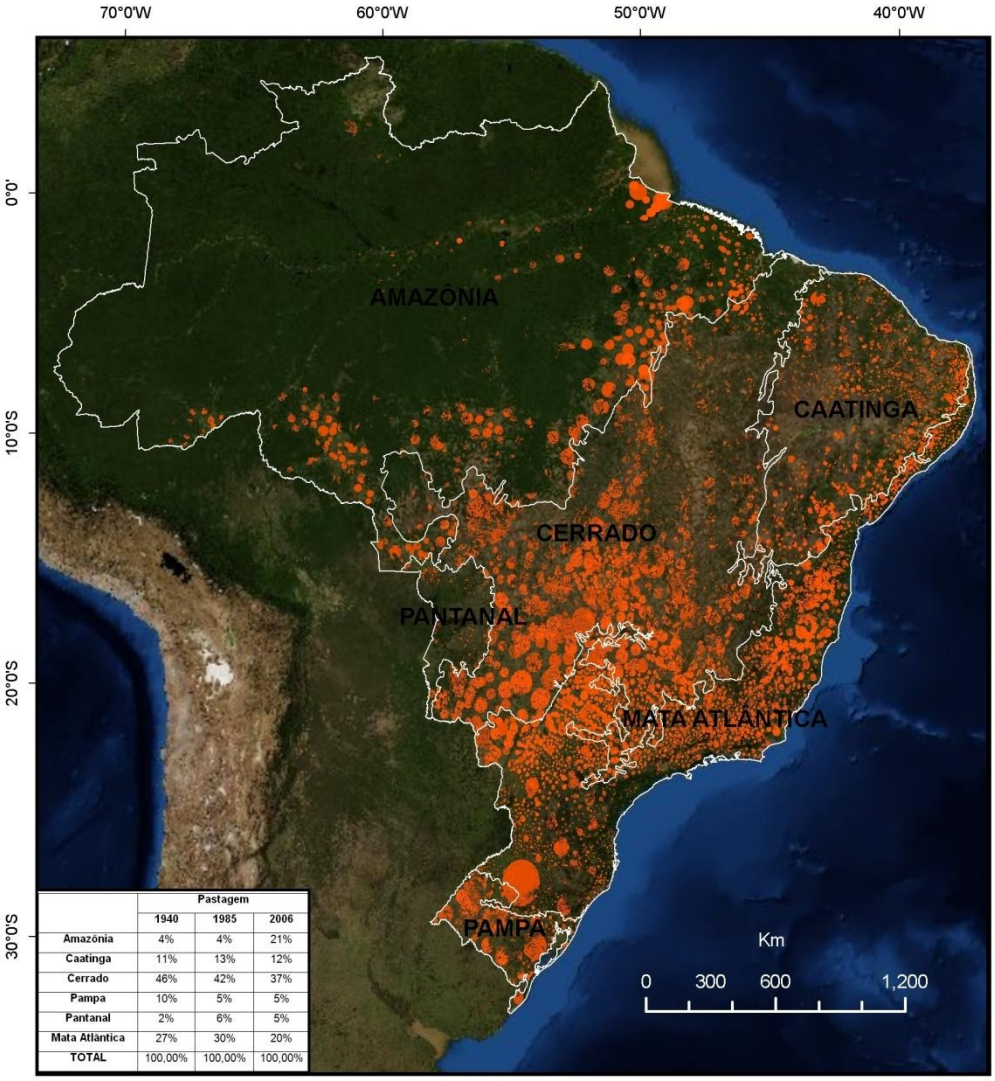
A figura 15 representa a somatória das áreas ocupadas por lavouras até 2006. Do total de lavouras em 1940, nos estabelecimentos agropecuários, 17% estava em áreas de Cerrado, número que passou a 35% em 2006. Esta foi a maior variação encontrada. Em contra partida, apesar da Mata Atlântica ser o bioma onde mais concentra áreas de lavouras no país, diminuiu sua no total da área dos biomas.



	LAVOURA		
	1940	1985	2006
AMAZONIA	6%	4%	9%
CAATINGA	22%	14%	9%
CERRADO	17%	28%	35%
PAMPA	3%	5%	5%
PANTANAL	0%	0%	0%
MATA ATLANTICA	52%	49%	42%
TOTAL	100%	100%	100%

Figura 15 - Mapa da ocupação das lavouras por biomas

O histórico de áreas ocupadas por pastagens, na Figura 16, tem que a Amazônia foi o bioma com a maior expansão de áreas. Em 1950 apenas 4% das pastagens estavam neste bioma e em 2006 são 21%. Na Caatinga houve uma queda de áreas entre 1940 e 1985 e na Mata Atlântica entre 1985 e 2006. Já no Cerrado a diminuição de áreas ao longo de todo o período, mas continua sendo o bioma que mais concentra pastos, cerca de 40% em 2006. O Pampa e o Pantanal são os menos representativos, com cerca de 5% do total das pastagens.



	Pastagem		
	1940	1985	2006
Amazônia	4%	4%	21%
Caatinga	11%	13%	12%
Cerrado	46%	42%	37%
Pampa	10%	5%	5%
Pantanal	2%	6%	5%
Mata Atlântica	27%	30%	20%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%

Figura 16 - Mapa da ocupação das pastagens por biomas

De acordo com os resultados apresentados é notório que o avanço do uso agrícola no bioma Amazônia requer maior atenção. Com planejamento agroambiental e o investimento tecnológico nas pastagens será possível diminuir e qualificar as áreas de ocupação. A modelagem da aptidão do uso das terras, tema do próximo capítulo, vinculada ao contexto histórico das ocupações agropecuárias, é uma possibilidade para melhor promover o uso do espaço, evitando que os erros historicamente cometidos em outros biomas não se repitam.

3.4 Conclusões

Diante do exposto até aqui, concluiu-se que a mudança na ocupação das pastagens e lavouras se repetem os fatores históricos da consolidação e expansão das fronteiras agropecuária. O primeiro período, assinalado pela transição para agricultura industrial, foi o que apresentou a maior expansão de áreas do uso agrícola. Entre 1940 e 1985 foram expandidos mais de 104 Mha, destes 32 Mha de lavouras e 71 Mha de pastagens. Já entre 1985 e 2006 houve uma retração de 12 Mha, provocado pela redução das pastagens, que foi de 20 Mha e um pequeno crescimento de lavouras, de 7 Mha.

Porém, tanto a expansão quanto a retração não ocorreram de forma distribuída no espaço. As regiões Centro Oeste e Norte foram as que mais destacaram, com o crescimento das lavouras no Centro Oeste e de pastagens no Norte. Quanto à retração das áreas de pastagens, a maior foi no Sudeste, onde houve retração também na lavoura. O Sul e Nordeste tiveram expansão na ocupação no primeiro período, mas depois suas áreas de pastagens retraíram e as de lavoura se mantiveram.

A metodologia proposta para o mapeamento de uso da terra permitiu comparar as ocupações em anos diferentes, identificando as áreas e regiões onde a dinâmica de expansão foi mais intensa. Uma das desvantagens das AMCs é a diversidade da dimensão geográfica, com algumas AMCs compostas por muitos municípios e outras por poucos, o que foi atenuado com a espacialização por buffer.

Referências

ALVES, E. A neutralidade da tecnologia. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 4 p. 38-52, 2001.

ANDRADE, M.C. **A questão do território no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1995. 135 p.

BECKER, B.; EGLER, C. **Brasil, uma nova potência regional na economia-mundo**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 1993. 267 p.

CASTILLO, R.; FREDERICO, S. Dinâmica regional e globalização: espaços competitivos agrícolas no território brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 18, p. 17-26, 2010.

ELIAS, D. Agricultura científica no Brasil: impactos territoriais e sociais**.** In: SOUZA, M.A.A. de. (Org.). **Território brasileiro:** usos e abusos. Campinas: Ed. Territorial, 2003. p. 315-340.

FLORIDO, A.C.S. **Breve histórico dos censos agropecuários**. 2013. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/doc/HistoricoCensosAgropecuarios.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2013.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil.** São Paulo: Ed. Nacional, 2005. 352 p.

HOMMA, A.K.O. **História da agricultura na Amazônia:** da era pré-colombiana ao terceiro milênio. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 274 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas do Brasil:** primeira aproximação. 2004. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/ viewer.htm>. Acesso em: 02 nov. 2013.

_____. **Censo agropecuário 2006**. 2006a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2013.

_____. **Manual técnico de uso da terra**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006b. 171 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 7). 2006b

IPEADATA. **Banco de dados online do Instituo de Pesquisa Econômica Aplicada.** 2011. Disponível em: <www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 02 nov. 2012.

LINHARES, M.Y.L. **Historia da agricultura brasileira:** combates e controvérsias. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1981. 170 p.

LEITE, C.C.; COSTA, M.H.; SOARES-FILHO, B.S.; HISSA, L.B.V. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995. **Global Biogeochem. Cycles**, Nova Iorque, v. 26, p. 1-13, 2012.

MONTEIRO, C.L.S. **Proposta de classificação do uso e da cobertura da terra e sua representação cartográfica na escala 1:10.000.** 2008. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

OLIVEIRA, A.U. Agricultura brasileira: transformações recentes. In: ROSS, J.L.S. (Org.). **Geografia do Brasil.** São Paulo: EDUSP, 2005. 539 p.

PRATES, R.C.; BACHA, C.J.C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. **Economia e Sociedade,** Campinas, v. 20, n. 3 (43), p. 601-636, dez. 2011.

REIS, E.; PIMENTEL, M.; ALVARENGA, A.I. **Áreas mínimas comparáveis para os períodos intercensitários de 1872 a 2000**. Rio de Janeiro: IPEA; DIMAC, 2008. 30 p.

SANTO, B.R.E. **Os caminhos da agricultura brasileira**. São Paulo: Evoluir, 2001. 329 p.

SPADOTTO, C.A. A importância da gestão territorial. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 32, p. 31-312, 2012.

SZMRECSANYI, T. **Pequena historia da agricultura no Brasil**. São Paulo: Contexto, 1990. 102 p.

4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MODELO DE APTIDÃO DO USO DAS TERRAS E A OCUPAÇÃO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA ENTRE OS ANOS DE 1940 E 2006

Resumo

As escolhas para ocupação de terras é organizada e estruturada pela disciplina de avaliação das terras. Um dos métodos indicados nesta disciplina é aptidão do uso das terras que, quando comparados com os mapas de uso histórico da terra, são úteis para avaliar se a ocupação da agropecuária avançou em áreas mais adequadas. Com o método elaborado nesta pesquisa, que utilizou das técnicas de SIG e sobreposição de mapas, observou que a ocupação agrícola tem avançado em direção às regiões consideradas mais aptas ao longo dos últimos 50 anos. No entanto, este processo foi desigual entre as coberturas de lavouras e pastagens e entre as regiões brasileiras. Estas distorções são consequências do processo histórico de ocupação das terras, das políticas públicas para ocupação e das técnicas de manejo empregadas em cada cobertura.

Palavras-chave: Aptidão do Uso das Terras; Uso da terra; Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Abstract

The choices for land use is organized and structured in Land Evaluation. One of the methods outlined in this course is land suitability which, when compared with the historical maps of land use, are useful evaluate if the farming occupation has advanced into more appropriate areas. With the method developed in this research, we used the techniques of GIS and map overlay, noted that agricultural occupation has advanced towards the areas considered most suitable over the last 50 years. However, this process has been unequal across the covers of crops and pastures and between regions. These distortions are consequences of the historical process of land occupation, public policies for occupation and the management techniques employed in each coverage.

Keywords: Land use; Land Suitability; Geographic Information System (GIS)

4.1 Introdução

A busca por terras férteis e com boas condições para a ocupação humana decorre desde os primórdios da civilização. O processo de escolha por estas áreas

se deu através de tentativas e erros, tornando-o lento e degradante. Com as atuais exigências pelo aumento de produtividade e sustentabilidade das atividades produtivas, esta dinâmica é repensada para que se evitem os erros já cometidos. Assim, o estudo da aptidão do uso das terras é disciplina mais indicada nesta discussão.

Dentre os diversos usos da terra, o agrícola é o que ocasiona as maiores mudanças em escala global. Embora seja datado há muito tempo, foi no último século que as maiores mudanças ocorreram. Estudos e pesquisas têm demonstrado que, sem o devido cuidado, a agricultura e pecuária podem romper com o papel fundamental dos ecossistemas em prover recursos como alimento, água potável, em regularem o clima e manterem a qualidade do solo.

No Brasil, o uso agrícola, sobre a cobertura de pastagens e lavouras, foi incisivamente reconfigurada nos últimos 50 anos. As pastagens naturais que dominavam até os anos 60, foram gradativamente substituídas pelas pastagens plantadas, principalmente no Sudeste e Centro Oeste brasileiro, sendo hoje mais frequentes que as naturais. As áreas de cultivo que tiveram forte expansão até os anos 80 passaram a sofrer retração ou manutenção de área, em quase todas as regiões brasileiras. Através destas dinâmicas áreas extensas de biomas foram desmatadas, como o da Mata Atlântica e outros se encontram ameaçadas, como o da Amazônia.

Desta forma, os efeitos causados pela ocupação agrícola seriam amenizados se o planejamento considerasse um método que qualificasse as terras para este tipo de ocupação, como o estudo da aptidão do uso das terras. Este método é indicado por incluir as especificidades do uso e manejo das terras, permitindo a análise não só da dimensão espacial, relação do uso com os recursos naturais– solo, clima, topografia, mas também da dimensão temporal, pelo fato das tecnologias que definem o manejo mudarem com o tempo.

Em relação a esta justificativa o objetivo deste capítulo é comparar a ocupação de lavoura e pastagem ente os anos de 1940, 1985 e 2006 com o modelo de aptidão de uso das terras desenvolvido por Barreto (2012), procurando analisar se, ao longo deste período, as terras expandiram em direção às de melhor aptidão. E com esta comparação elaborar uma sugestão para que a modelagem possa se usada como instrumento no planejamento da agricultura sustentável.

4.2 Material e Métodos

Para as análises aqui realizadas foi utilizado o modelo de aptidão do uso da terra desenvolvido por Barreto (2013). A seguir descreveremos as principais etapas para elaboração desta modelagem divididas pela organização da base de dados, índices de qualidade e obtenção do mapa final.

4.2.1 Organização da base de dados

Os dados físicos foram divididos em três níveis categóricos: os dados de solo, de clima e de relevo, vistos na tabela 3. Os dados de solo são provenientes do trabalho publicado por Cooper et al. (2006) que compilaram os dados do projeto Radam Brasil para uma base de dados nacional (ver anexo B1.1). Para o relevo foram utilizados os dados de declividade encontrados no trabalho Brasil em Relevo (MIRANDA, 2012), cujo mapa está no anexo B1.2. Para o último nível, o dado climático resultou da compilação dos dados oferecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2009) e dados da FAOCLIM2 (2001), ver anexo B1.3.

Tabela 3 - Dados físicos para o Brasil

Nome do dado	Escala	Tipo de dado	Ano	Fonte
Solo	Ponto	Texto	2006	Radam-Brasil (COOPER et al.,2006)
Relevo	90x90 m	Raster	2009	Brasil em Relevo (MIRANDA, 2012)
Clima	Ponto	Texto	1961 a 2005	FAOCLIM / HidroWeb

4.2.2 Indicadores de qualidade

O indicador de qualidade é dividido em três índices físicos: índice de aptidão climática, índice de aptidão dos solos e índice de aptidão topográfica. Os valores dos índices variam entre 0 a 1, sendo 0 o menor valor de qualidade e o 1 o máximo valor de qualidade, exceto o da aptidão topográfica que é de 0 a 100. O Índice de Aptidão Climática, **IAC**, foi estabelecido pela média de três parâmetros diferentes:

disponibilidade de água, temperatura e radiação. A disponibilidade de água é um parâmetro para dimensionar a quantidade de água no solo, é obtida pela diferença entre a capacidade hídrica da cultura e a precipitação efetiva. Já os parâmetros de temperatura e radiação são úteis para detectar as restrições fenológica e de fotossíntese no desenvolvimento das plantas de uma dada cultura.

Para a definição dos parâmetros foram analisados os dados de clima, de acordo com os requisitos de crescimento da soja, milho e feijão. O cálculo seguiu a bibliografia específica sobre cada parâmetro e também com as correções e especificações de cada tipo de estação climática estabelecida pelas médias plurianuais.

O Índice de Aptidão dos Solos, **IAS**, é a média dos atributos textura, fertilidade, drenagem e profundidade do solo. Utilizou-se, para isso, as unidades taxonômicas do mapa de solos Brasil IBGE, que foi classificada de acordo com critérios agronômicos. A textura refere-se à proporção de argila, silte e areia do solo. A fertilidade incluiu os atributos de CTC, saturação de base e matéria orgânica. Drenagem representa a disponibilidade de oxigênio no solo, influenciada pela profundidade da água subterrânea e estrutura do solo. Capacidade de enraizamento, relacionada às condições limites para as raízes se desenvolverem ou da infiltração da água.

Por fim, o Índice de Aptidão Topográfica, **IAT**, foi calculado com os dados de declividade EMBRAPA. A declividade é um fator importante para a agricultura por estar diretamente relacionada aos processos erosivos, de escoamento superficial e com o uso da mecanização das práticas agrícolas. A declividade foi calculada por meio de algoritmo e dividida em classes de declividade que foram definidas de acordo com o grau de restrição para a mecanização das atividades agrícolas.

4.2.3 Mapa da aptidão do uso das terras

Para determinar a distinção entre as classes de aptidão do uso das terras foi adaptada a metodologia FAO (1976); RAMALHO (1999). Cada classe é condizente com as limitações impostas pelo uso e manejo, neste caso o da agricultura industrial, que afetam as condições da terra. Foram definidas pelos indicadores físicos: IAC, IAS e IAT e foram agrupadas em quatro classes, Classe 1 à Classe 4, que vai do maior ao menor grau de exigência da utilização da terra:

- **Classe 1**: São as ***terras inaptas*.** O uso de lavoura e pastagem realizado nesta classe é impróprio sob qualquer nível de manejo. Estas áreas devem ser impreterivelmente protegidas.
- **Classe 2**: São as ***terras ligeiramente aptas***. Apresentam fortes restrições à produção de culturas e pastagens. Com práticas de manejos inapropriadas, podem reduzir a produtividade e provocar impactos como degradação dos solos, perda de safra por escassez climática e excesso de insumos utilizados.
- **Classe 3**: São as ***terras aptas***. Possuem limitações moderadas para as culturas e pastagens. São áreas que possuem boa produtividade, mas se não observadas as condições de manejo, pode ter queda de produtividade, precisando de mais insumos para garantir os benefícios obtidos.
- **Classe 4**: São as ***terras altamente aptas***. Sem limitações significativas para culturas e pastagens. O mínimo de restrições não reduzem a produtividade ou os benefícios, expressivamente, e não aumentam os insumos acima de um nível aceitável.

Com as classes de aptidão já definidas foi estabelecida as etapas da combinação entre os índices de qualidade para cada classe, por meio da lógica booleana, conforme as operações descritas no anexo B2. O resultado é o mapa final de uso das terras para o Brasil na figura 17.

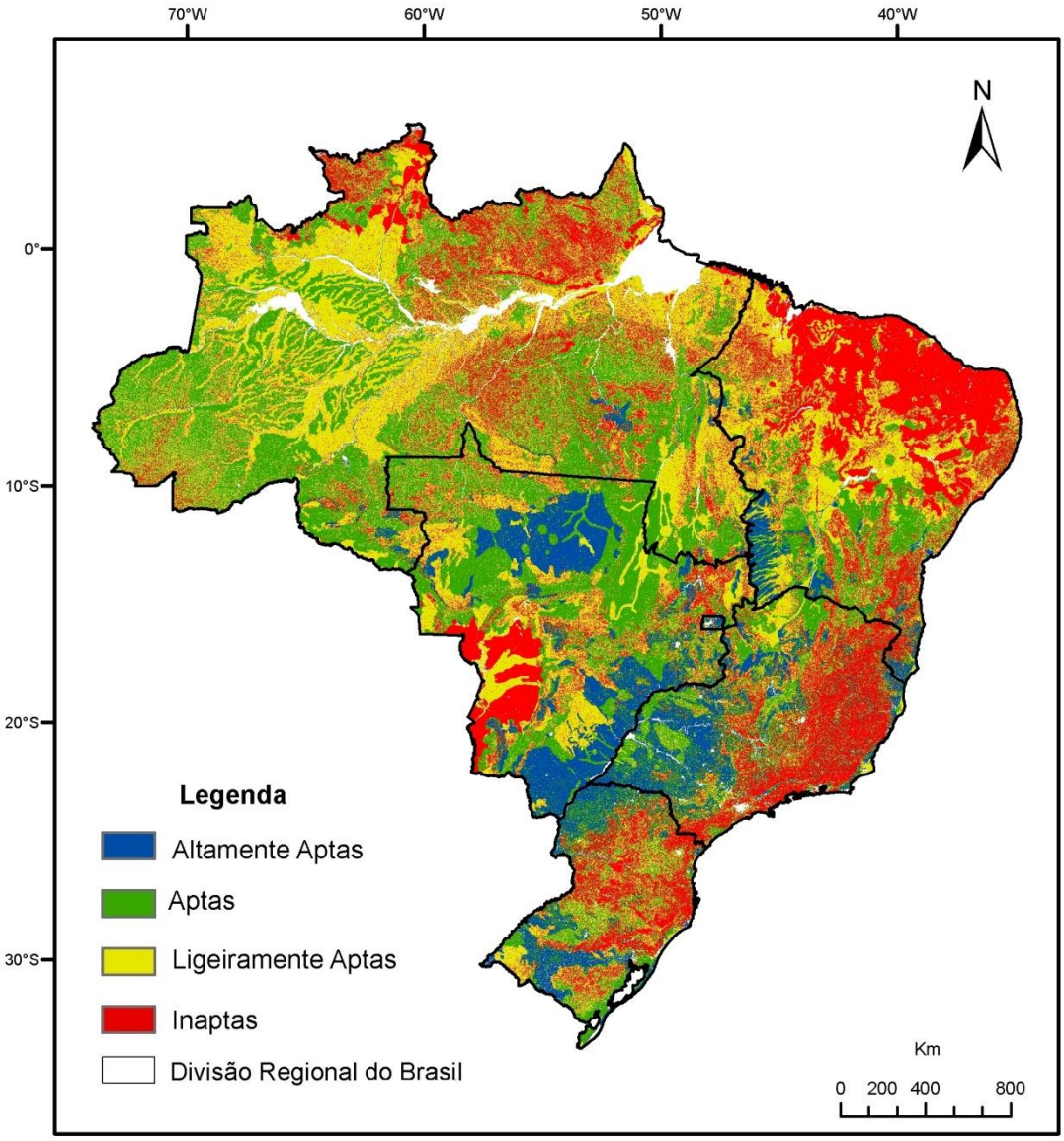


Figura 17 - Mapa de Aptidão do Uso das Terras para o Brasil
Fonte: Barreto (2012), organizado pelo aluno

4.2.4 Comparação da Aptidão e o Uso Histórico da Terra

Nesta etapa metodológica foi comparado o mapa de Aptidão do Uso das Terras com o mapa do Uso Histórico das Terras (desenvolvido no capítulo 3). Para isso, como exposto na figura 18, a comparação foi realizada pela sobreposição dos mapas em formato matricial de cada UHT com cada classe de aptidão. A sobreposição dos mapas foi executada no software Arcgis 10.0 utilizando as ferramentas do *Raster Calculator,* como a função *InList,* para obter a área comum

dos mapas sobrepostos. O cálculo desta área foi feito com a somatória de células presentes no raster resultante e multiplicado pelo tamanho do pixel.

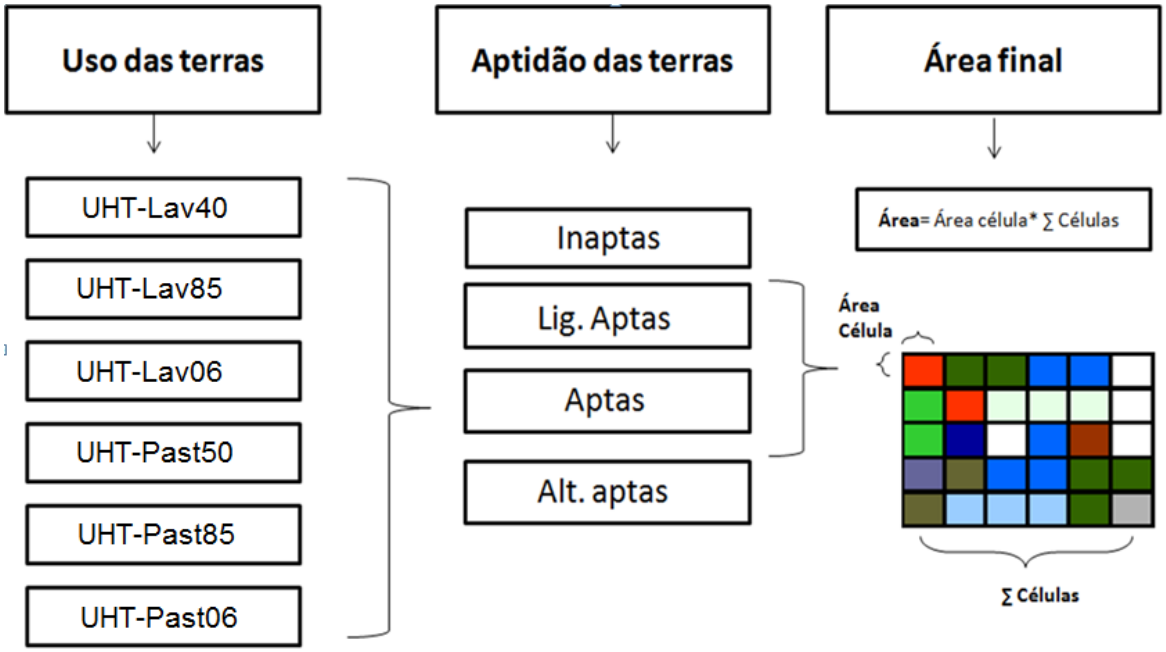


Figura 18 - Representação esquemática da comparação entre os mapas de uso da terra com a aptidão do uso das terras

4.2.5 Indicador Ambiental na Aptidão das terras

Os apontamentos da aptidão no planejamento agroambiental foram realizados a partir de indicadores que avaliem as áreas de alto valor para a diversidade biológica a sua interface com a agricultura. Existem duas vertentes, segundo Manzatto et. al. (2002), em que isto é possível: a primeira a que avalia os serviços ambientais prestados pela biodiversidade à agricultura e a segunda a que avalia os efeitos da agricultura na biodiversidade. Como exemplo, são sugeridos alguns indicadores:

- **Indicadores de Estado da Diversidade Biológica:** Área total de preservação permanente; Área total de reserva legal; Diversidade de espécies: animais e plantas superiores, microrganismos e mesofauna do solo.
- **Indicadores de Pressão e Impacto sobre a diversidade biológica:** Frequência de uso de agrotóxicos; Área de agricultura e pecuária praticadas em áreas que tinham cobertura vegetal natural no ano anterior (expansão da

fronteira agrícola); Número de espécies de animais e plantas ameaçadas de extinção.

- **Indicadores de Resposta aos impactos causados sobre a diversidade biológica:** Uso de práticas ou sistemas conservacionistas de produção, como: agricultura orgânica, manejo integrado e controle biológico de pragas e doenças de plantas, rotação de culturas, práticas de conservação do solo, adubação verde; Área com recomposição de corredores de fauna, por ecossistema; Legislação: número de leis, decretos, portarias, normas, etc. de interesse para a conservação da diversidade biológica na agricultura.

Entre estes indicadores a opção que melhor restringe o modelo de aptidão para as áreas de diversidade biológica no país é o Indicador de Estado da Diversidade Biológica. Ele foi elaborado com as áreas já garantidas na legislação nacional e através da construção de uma máscara, com a inclusão de todos os polígonos e foi usado como máscara para o processamento do modelo de aptidão, em que esta variável incluiu à classe Inaptas (ver anexo B3). As variáveis pertencentes neste indicador são as seguintes:

- Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade; atende a lei publicada pelo Ministério do Meio Ambiente, publicado em 2004, que define as regras para identificação de áreas prioritárias para a para a conservação (BRASIL, 2004).
- Unidades de Conservação; são áreas com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente (BRASIL, 2000).
- Florestas Públicas; e é definida como sendo floresta publicas toda floresta, plantada ou não, localizada nos biomas brasileiros, pertencentes à união, estados e municípios (BRASIL, 2006).
- Terras indígenas; áreas destinadas a posse e ocupação pelos povos indígenas, onde possam viver e obter meios de subsistência, com direito ao usufruto e utilização das riquezas naturais, garantindo-se as condições de sua reprodução física e cultural (BRASIL, 1996).

4.3 Resultados e Discussão

A discussão dos resultados foi dividida em duas partes, a primeira analisou os resultados da ocupação pela agropecuária em comparação com as classes de aptidão e a segunda as implicações do modelo de aptidão na elaboração do planejamento da agricultura sustentável.

4.3.1 Aptidão e o Uso Histórico das terras

A modelagem da aptidão do uso das terras resultou em uma distribuição de terras Ligeiramente Aptas, Aptas e Inaptas de semelhante proporção para o território brasileiro, conforme a figura 19. As áreas Ligeiramente Aptas foram as mais extensas, com 33% do total, ou mais de 280 Mha, as áreas Aptas representam 29%, ou aproximadamente 250 Mha, e as áreas Inaptas com 26%, ou cerca de 220 Mha. Já as terras Altamente Aptas são as com menor extensão neste modelo, cerca de 10% do total ou 75 Mha. As classes Aptas e Ligeiramente estão em maior proporção na região Norte. Já as áreas Inaptas concentraram no norte do Nordeste, na região do Pantanal e nos planaltos do Sudeste e Sul. A Altamente Apta está principalmente no Centro Oeste e Sudeste.

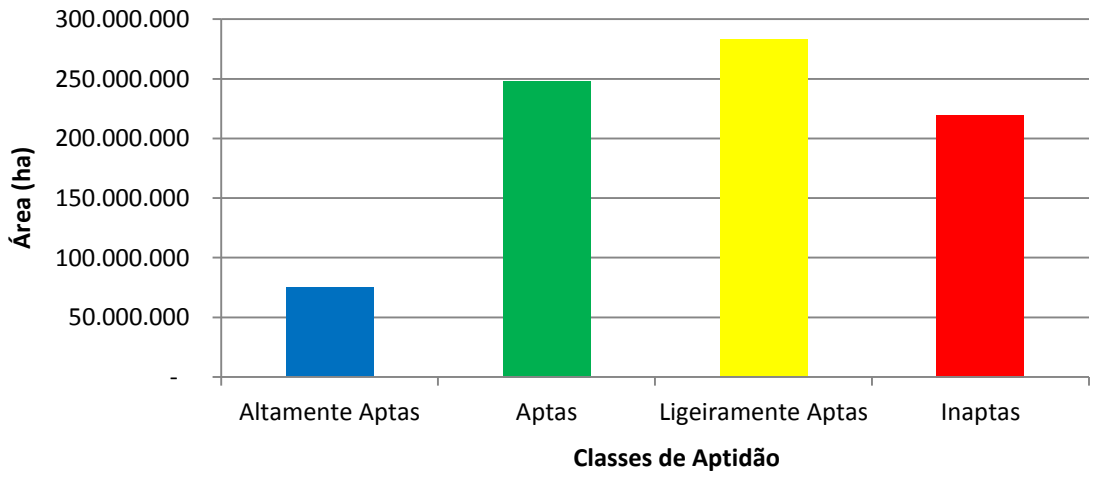


Figura 19 - Classes de aptidão no Brasil por área (ha)

Este resultado torna evidente que há grande extensão de terras com condições aptas para a prática da agropecuária no Brasil. Porém, a dinâmica histórica da ocupação aproveitou destas áreas para se estabelecer? O

aproveitamento foi o mesmo entre as regiões brasileiras e entre os períodos analisados? Com a comparação da aptidão com a UHT o resultado é que para as pastagens houve aumento da ocupação nas terras Aptas, em aproximadamente 20 Mha de 1950 a 2006, e diminuiu a proporção em terras Inaptas.

Ao realizar o recorte temporal para o período de 1950 a 1985, em que as pastagens tiveram uma forte expansão nacionalmente, a ocupação revelou-se em áreas Inadequadas e Ligeiramente Aptas, observada na tabela 4. As áreas Inadequadas em 1950 respondiam a 24% do total e 1985 passou a 27%. Com a redução das pastagens de 1985 a 2006 fez com que a proporção em terras Aptas e Ligeiramente Aptas aumentasse, reduzindo a ocupação das pastagens nas terras Inaptas em mais de 12 Mha.

Tabela 4 - Área de Pastagens por ano e por classes de aptidão

	Área Pastagem (ha)					
Classes	**1950**		**1985**		**2006**	
Altamente Aptas	26.740.975	25%	39.364.288	23%	32.639.719	21%
Aptas	33.164.052	31%	51.201.102	30%	53.219.783	34%
Ligeiramente Aptas	20.645.606	19%	35.693.958	21%	36.899.924	24%
Inaptas	25.757.851	24%	45.695.607	27%	33.295.135	21%
Total	**106.308.483**	**100%**	**171.954.955**	**100%**	**156.054.561**	**100%**

As mudanças na ocupação das lavouras são ainda mais explícitas. Em 1940 esta cobertura ocupava principalmente terras Inaptas com 41% do total e em 1985 diminuíram a 24%. Neste período as áreas de lavoura tiveram um expressivo aumento das áreas, que ocorreu em terras Altamente Aptas e Aptas. De 1985 a 2006 a mesma tendência foi observada, intensificando a ocupação nas áreas Altamente Aptas, com 31% da ocupação das lavouras em 2006. As áreas Ligeiramente Aptas e Inaptas diminuíram, sendo a primeira classe com a maior redução, 24% para 18%, e a segunda com uma pequena redução, de 20% para 19%.

Tabela 5 - Área de Lavouras por ano e por classes de aptidão

	Área Lavoura (ha)					
Classes	**1940**		**1985**		**2006**	
Altamente Aptas	2.392.269	20%	13.239.404	27%	16.221.547	31%
Aptas	2.326.727	19%	14.156.987	29%	16.647.568	32%
Ligeiramente Aptas	2.457.810	20%	9.700.158	20%	9.569.074	19%
Inaptas	4.915.620	41%	11.797.489	24%	9.241.366	18%
Total	12.092.426	100%	48.894.037	100%	51.810.639	100%

As mudanças na dinâmica das lavouras se mostram muito mais eficientes para ocuparem áreas mais aptas. Uma hipótese é a mudança maior no manejo das lavouras. Com a incorporação de tecnologias, como trator e colheitadeira, exigiu que ocupação ocorresse em áreas de topografia mais plana, condição esta encontrada nas classes de melhor aptidão.

Além disto, muitas destas mudanças são decorrentes das políticas de ocupação do território, que só poderão ser analisadas se compararmos os resultados por regiões brasileiras. Nesta comparação usou duas classes de aptidão opostas, Inaptas e Altamente Aptas. O resultado foi quantificado na tabela 7, que ressaltou uma porcentagem elevada de ocupação das áreas Inaptas no Nordeste. Mesmo com a redução entre 1940 e 2006, mais de 40% do total ocupado estão nesta classe.

Os motivos para que esta proporção seja elevada é que no Nordeste a ocupação está consolidada desde o período da colonização e ao longo de toda a faixa litorânea e áreas do sertão. Além disto, esta região historicamente ocupada coincide com a localização de terras Inaptas e devido a limitações imposta por este tipo de classe de aptidão, as atividades mais intensivas não puderam se desenvolver sendo as pastagens naturais a mais viável sob estas condições (RAMALHO, 1999).

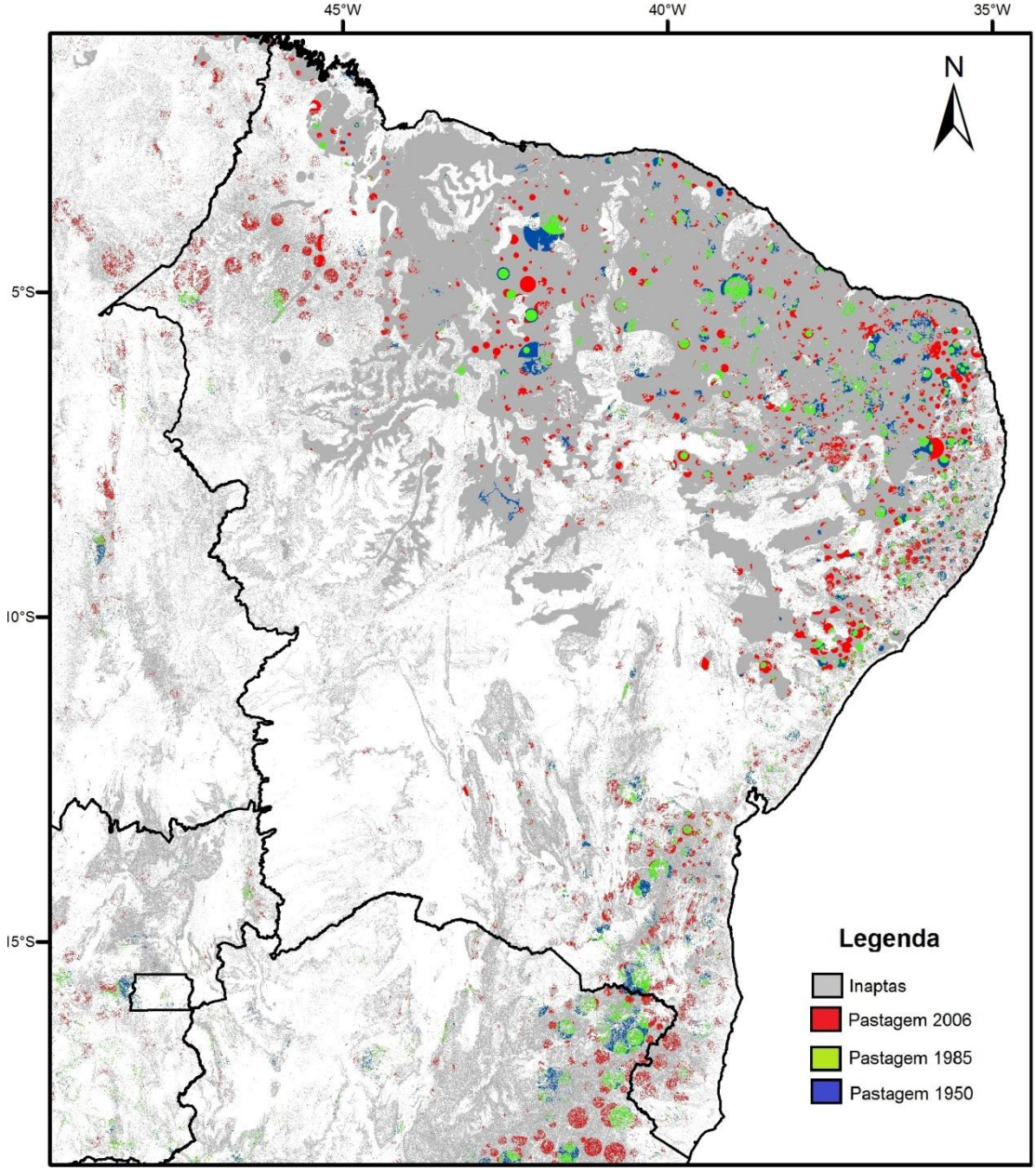


Figura 20 - Destaque das pastagens em áreas Inaptas na região Nordeste

Tabela 6 - Porcentagem de Lavoura e Pastagem em áreas Inaptas por região e ano

	Lavoura			Pastagem		
	1940	**1985**	**2006**	**1950**	**1985**	**2006**
Norte	17%	13%	11%	37%	18%	13%
Centro Oeste	1%	9%	4%	5%	8%	9%
Sudeste	25%	19%	17%	26%	28%	29%
Sul	32%	22%	21%	19%	16%	22%
Nordeste	69%	54%	42%	54%	50%	44%

Por sua vez, a relação das áreas ocupadas em classes Altamente Aptas é apresentada na tabela 8. Os resultados mostraram que as regiões Sudeste, Centro Oeste e Sul têm as maiores porcentagens de lavouras e pastagens ocupadas nesta classe de aptidão. No Centro Oeste a porcentagem dobrou entre 1940 e 1985, chegando a 45% das lavouras e 31% das pastagens em 2006. No entanto, o aumento da ocupação em áreas Altamente Aptas foi maior para as lavouras. Já no Norte e Nordeste as áreas ocupadas por pastagem e lavoura em regiões Altamente Aptas são menores que 10%, ainda que tenham aumentado no decorrer dos anos.

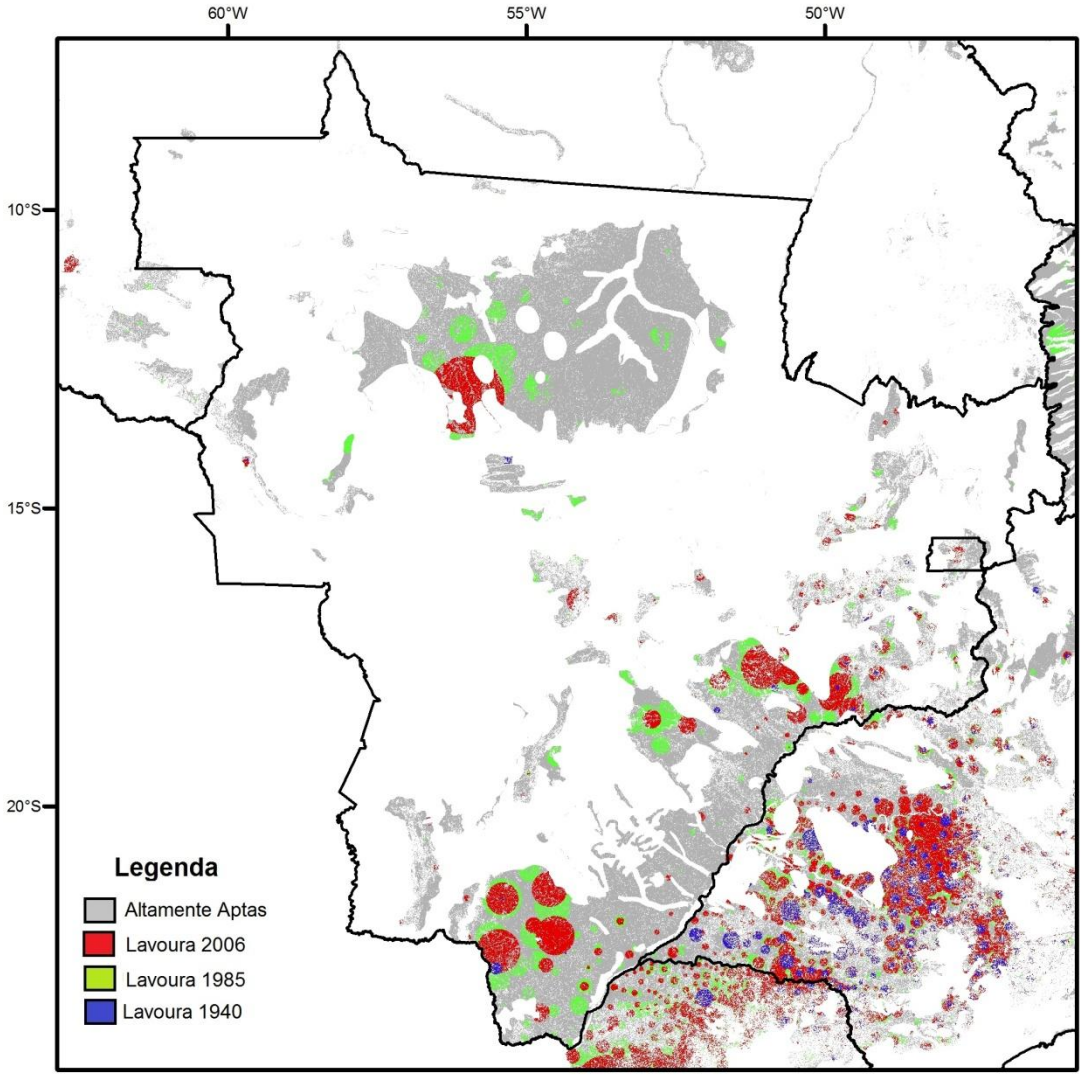


Figura 21 - Destaque das lavouras em áreas Altamente Aptas na região Centro Oeste

Tabela 7 - Porcentagem de Lavoura e Pastagem em áreas Altamente Aptas por região e ano

	Lavoura			Pastagem		
	1940	**1985**	**2006**	**1950**	**1985**	**2006**
Norte	17%	6%	5%	1%	3%	5%
Centro Oeste	25%	52%	45%	35%	35%	31%
Sudeste	22%	35%	39%	28%	25%	28%
Sul	12%	22%	28%	22%	28%	33%
Nordeste	2%	3%	5%	3%	6%	6%

A razão apontada para estes resultados foi que as políticas de ocupação que privilegiaram as áreas mais aptas, sobretudo no Centro Oeste, ao setor da agroindústria destinada à exportação. Logo, este setor utilizando de técnicas de manejo altamente tecnológicos, permitiu que a área cultivada diminuísse ou se mantivesse, e que se tivesse um maior conhecimento das terras com as melhores condições a serem ocupadas.

4.3.2 A aplicação do modelo de aptidão para prática da agropecuária sustentável

Os modelos de aptidão servem como método norteador do planejamento e na tomada de decisões da ocupação agrícola. Isto ocorre por lidarem com o uso das terras e com os limites da ocupação humana nos ecossistemas, evitando a sobreutilização dos recursos naturais. Neste sentido, o modelo de aptidão deve considerar as variáveis necessárias que melhor reflitam a intenção destes planejamentos e decisões no uso sustentável das terras.

Com o indicador descrito na metodologia obteve-se o mapa da figura 23. Neste novo processamento a maior parte do território pertence às terras inaptas. A região Norte foi onde a mudança das classes de aptidão é mais visível, por concentrar a maior parte das áreas de conservação e preservação. A região Centro-

Oeste e Sudeste são as que possuem as maiores áreas aconselháveis para agricultura, como as Altamente Aptas e Aptas.

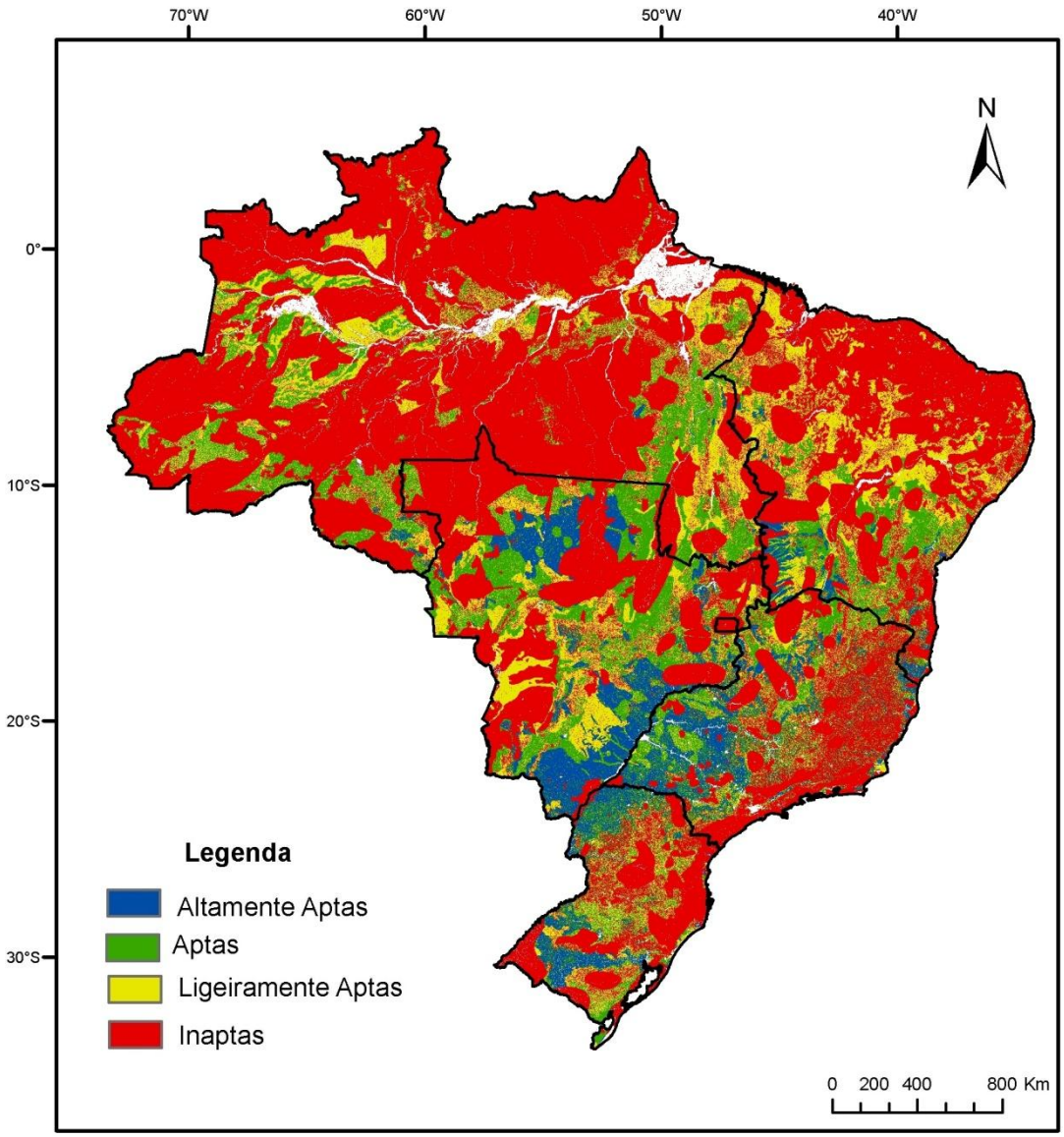


Figura 22 - Mapa da aptidão do uso das terras considerando as áreas de preservação e conservação ambiental

Em comparação a modelagem anterior, a classe que mais diminui sua área foi a Ligeiramente Aptas, que reduziu em 40% registrado na figura 23, também reduziram as classes Altamente Aptas e Aptas, já a classe Inaptas aumentaria em 100%. Com isso, a área para a prática agropecuária seria de aproximadamente 380 Mha, ou 45% do território brasileiro. Levando em conta as áreas já ocupadas em 2006 restariam 181 Mha para expansão, ou 20% do território.

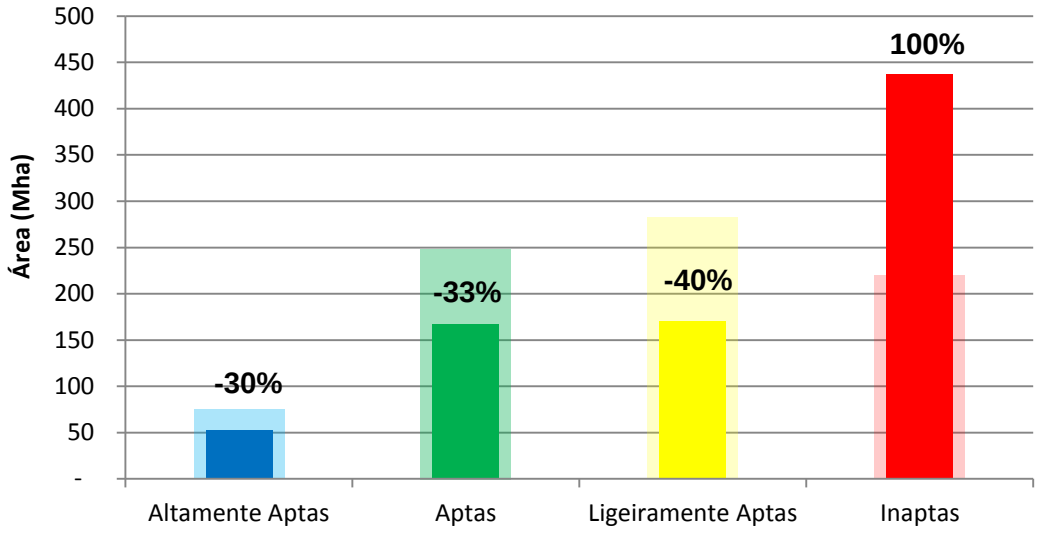


Figura 23 - Comparação entre as áreas das classes de aptidão entre os dois modelos testados

A comparação ente os dois modelos de aptidão serviu para ilustrar que as variáveis ou indicadores ambientais devem ser incluídas na modelagem da avaliação das terras. Pois, melhor direcionam a ocupação para as áreas com menor impacto possível. O modelo deve considerar as Áreas de Preservação Permanente (APP) ou os impactos das tecnologias sobre a diversidade biológica. Além disto, no planejamento sustável do uso agrícola a avaliação das terras deve integrar outras tecnologias adaptadas ao meio, como a produção orgânica, as agroflorestas, plantio direto, controle biológico e as técnicas conservacionistas.

4.4 Conclusões

O estudo comparativo entre aptidão e uso das terras demonstrou que a ocupação de lavouras e pastagens avançou em terras consideradas mais aptas ao longo do tempo. No entanto, houve uma distorção entre as coberturas e as regiões brasileiras. Nas lavouras a ocupação foi maior em áreas Altamente Aptas e Aptas. Com as pastagens as áreas Altamente Aptas foram pouco aproveitas, porém aumentou a ocupação nas áreas Aptas e diminuiu nas áreas Inaptas.

A região Norte houve uma forte redução das áreas de pastagens em terras Inaptas de 1950 para 2006, mas poucas terras Altamente Aptas foram aproveitadas. O mesmo ocorre com o Nordeste, com uma grande proporção de suas ocupações em áreas Inaptas, superiores a 40% do total ocupado. No Sul, Sudeste e Centro

Oeste a intensificação das áreas e a incorporação tecnológica aumentou a ocupação nas áreas Altamente Aptas, especialmente no Centro Oeste.

Estas desigualdades espaciais revelam que o conhecimento da aptidão das terras historicamente privilegiou determinados setores da atividade agropecuária no país, já que grande parte das terras Altamente Aptas coincide com as áreas mais produtivas e de maior uso tecnológico. Além disto, a mudança entre as pastagens naturais para plantadas tem permitido a diminuição da ocupação em áreas Inaptas.

Conclui-se também que para o melhor uso no planejamento da agricultura sustentável o modelo deve integrar variáveis ambientais que levem em conta a biodiversidade. Quando as áreas com maior biodiversidade ou prioritárias para conservação foram consideradas inaptas o modelo indicou que a região Norte em sua maior extensão estaria Inaptas para o uso agrícola.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HidroWeb:** sistemas de informações hidrológicas. 2009. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>. Acesso em: 31 maio 2003.

BACHA, C.J.C. O uso de recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras: uma visão histórica e parcial de um processo de desenvolvimento. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 34, p. 393-426, 2004.

BARRETO, A.G.O. P. **Agricultural land-use expansion dynamics in Brazil**. 2013. 147 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

BRASIL. **Decreto Nº 1.775**, de 8 de janeiro de 1996. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D1775.htm> Acesso em:10 de fevereiro de 2014

_____. **Decreto Nº 5.092**, de 21 de maio de 2004. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm> Acesso em:10 de fevereiro de 2014

_____. **Lei Nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm> Acesso em:10 de fevereiro de 2014

_____. **Lei Nº 11.284,** de 2 de março de 2006. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm> Acesso em:10 de fevereiro de 2014

COOPER, M.; MENDES, L.M.S.; SILVA, W.L.C.; SPAROVEK, G. A national soil profile database for Brazil available to international scientists. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, p. 649-652, 2005.

FAO. **A framework for land evaluation**. Rome, 1976. 66 p.

____ Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **FAOCLIM 2: world-wide agroclimatic data.** 2001. Disponível em: < http://www.fao.org/nr/climpag/pub/en1102_en.asp>: Acesso em: 5 set. 2013.

FOLEY, J.A.; DEFRIES, R.; ASNER, P.G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.R.; CHAPIN, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI, J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KUCHARIK, C.J.; MONFREDA, C.; PATZ, J.A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.K. Global consequences of land use. **Science**, Washington, v. 309, p. 570-574, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2013.

IPEADATA. **Banco de dados online do Instituo de Pesquisa Econômica Aplicada.** 2011. Disponível em:<http http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 01 jul. 2013.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning,** Amsterdam, v. 62, p. 3-65, 2004.

MANZATTO, C. V. (Ed.); FREITAS, E. J.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 173 p.

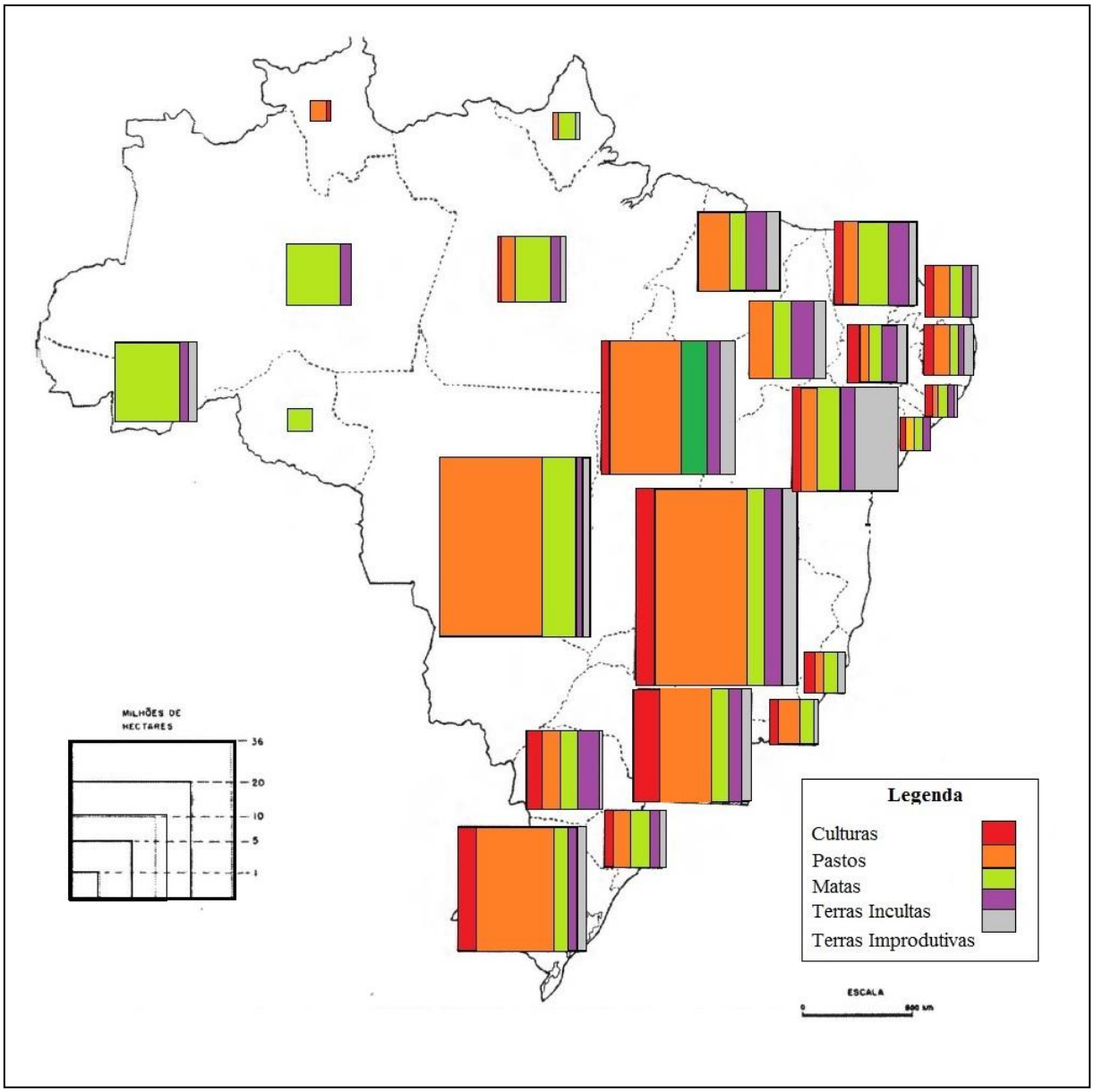
MIRANDA, E.E. (Coord.). **Brasil em relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em:<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 01 jul. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L.C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil:** potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

ANEXOS

Anexo A

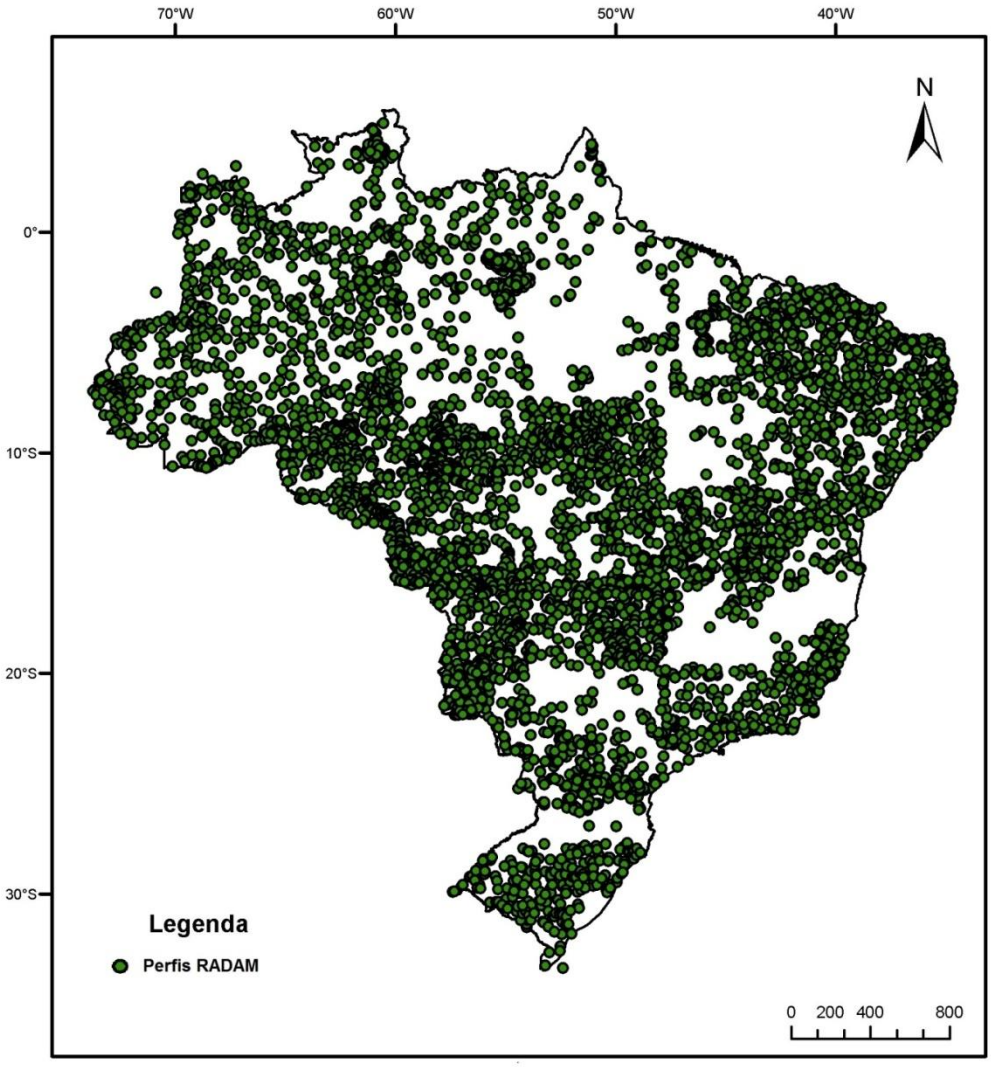
A1 - Mapa de Uso da Terra Nilo Bernardes



Anexo B

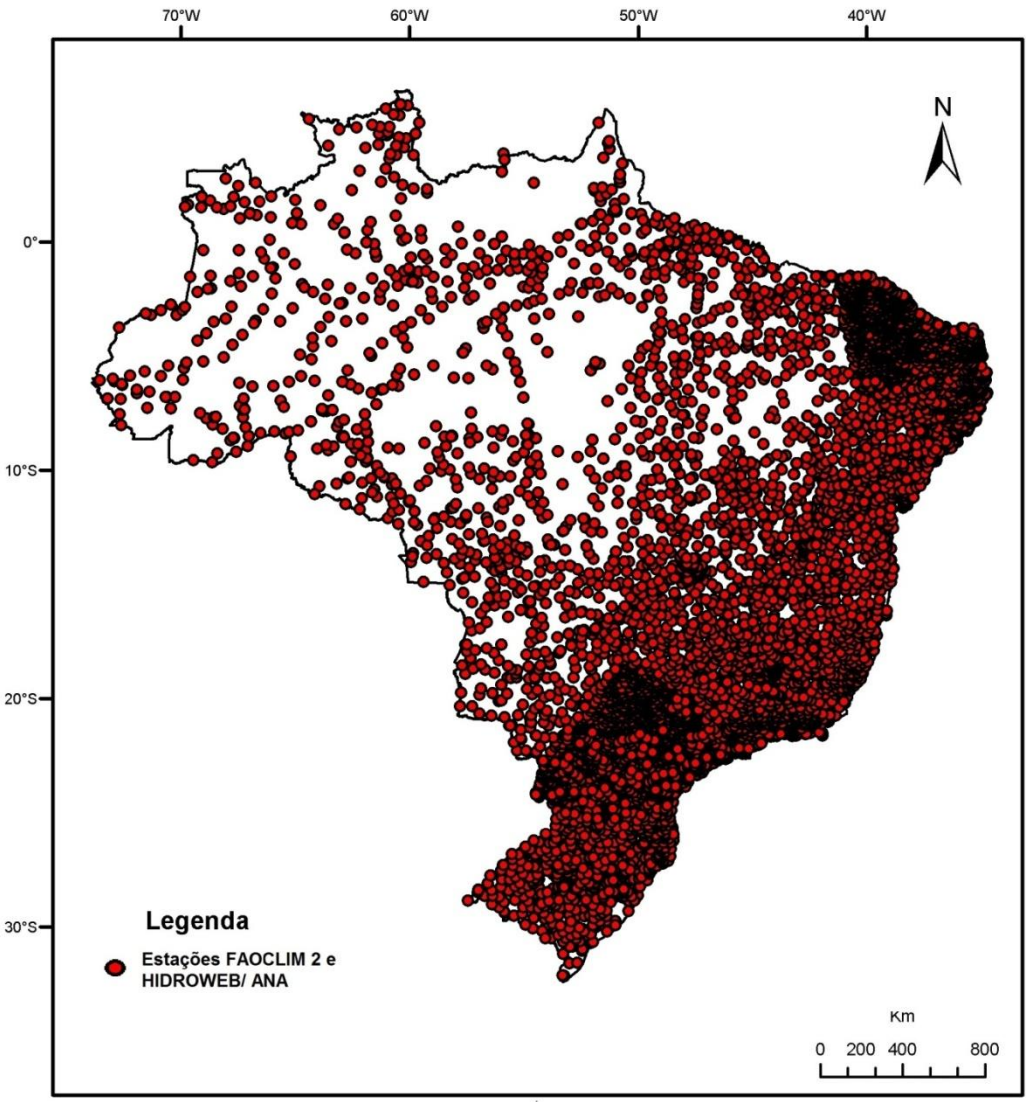
B1.1 - Pontos de amostras dos perfis de solos Radam- Brasil

Estes dados são registros de 5.255 perfis levantados de acordo com a metodologia estabelecida pela EMBRAPA, e que após uma auditoria de dados inconsistentes permaneceram 5.086 perfis distribuídos ao longo do todo o Brasil. Cada um destes perfis contém informações de 31 variáveis físico-químicas do solo. Cada perfil está associado à identificação original, com o número do volume ou código do Radam Brasil e do número do perfil do solo correspondente. Dentre as 31 variáveis foram escolhidas os dados de CTC (Capacidade de troca de Cátions), matéria orgânica e argila.



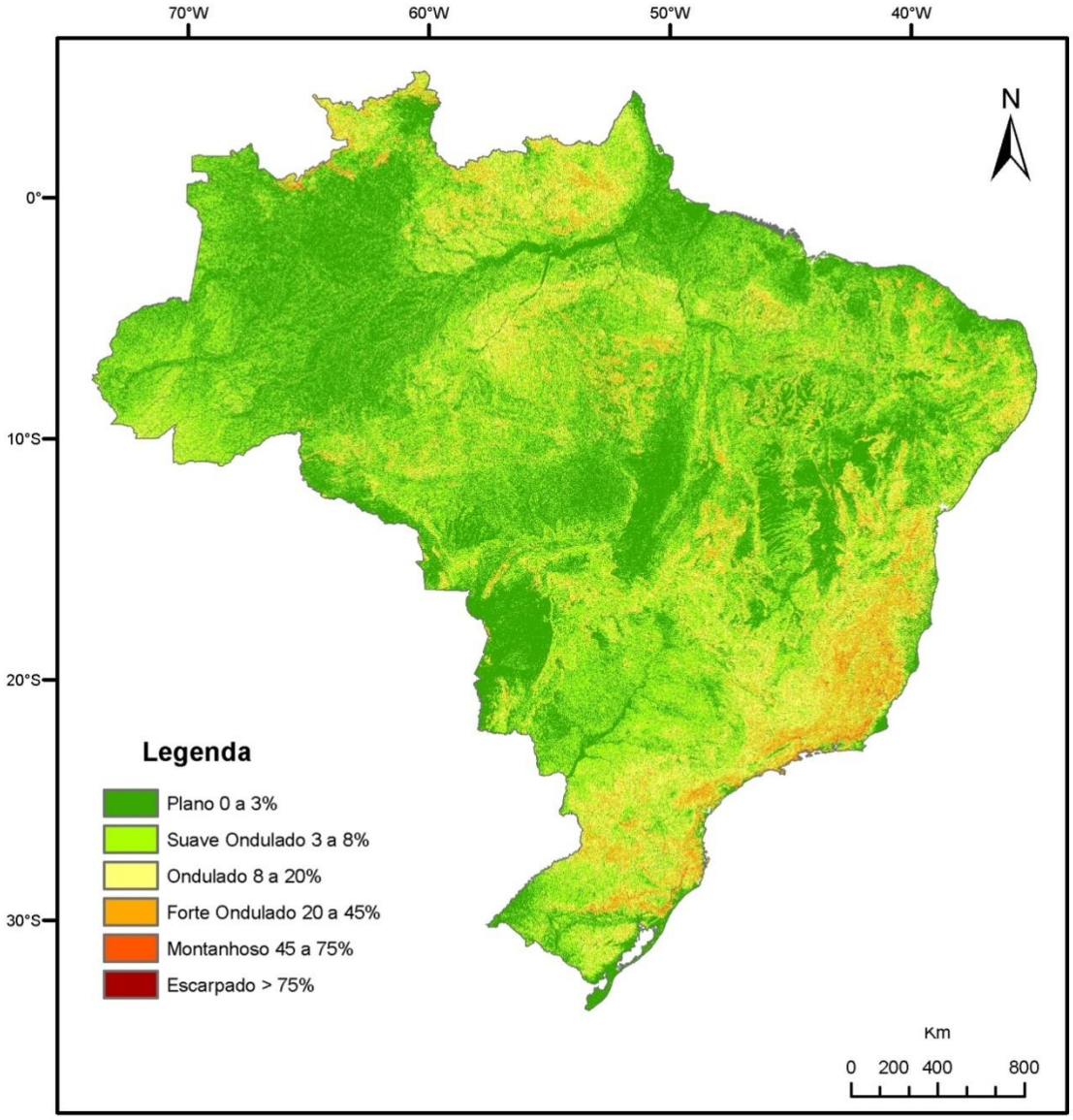
B1.2- Pontos de estações meteorológicas FAOCLIM2 e HIDROWEB

O banco de dados da ANA está acessível pelo software HIDROWEB (ANA, 2009), que permite o acesso aos dados hidrológicos provenientes do monitoramento realizado por meio da Rede Hidrometeorológica Nacional, com 2.676 estações metrológicas. Já a FAOCLIM é o software que abrange dados mensais de 28.100 postos climáticos em todo o globo, com até 14 parâmetros agroclimáticos, observados e computados tanto para as médias de longo prazo, de 1961 a 1990, quanto para séries temporais de chuvas e temperatura.



B1.3 – Índice Declividade

Este trabalho obteve os dados gerados pelo radar SRTM, cuja resolução espacial disponível para o território brasileiro é de 90 metros, e realizou tratamento para correções e padronizações, eliminando as distorções encontradas.



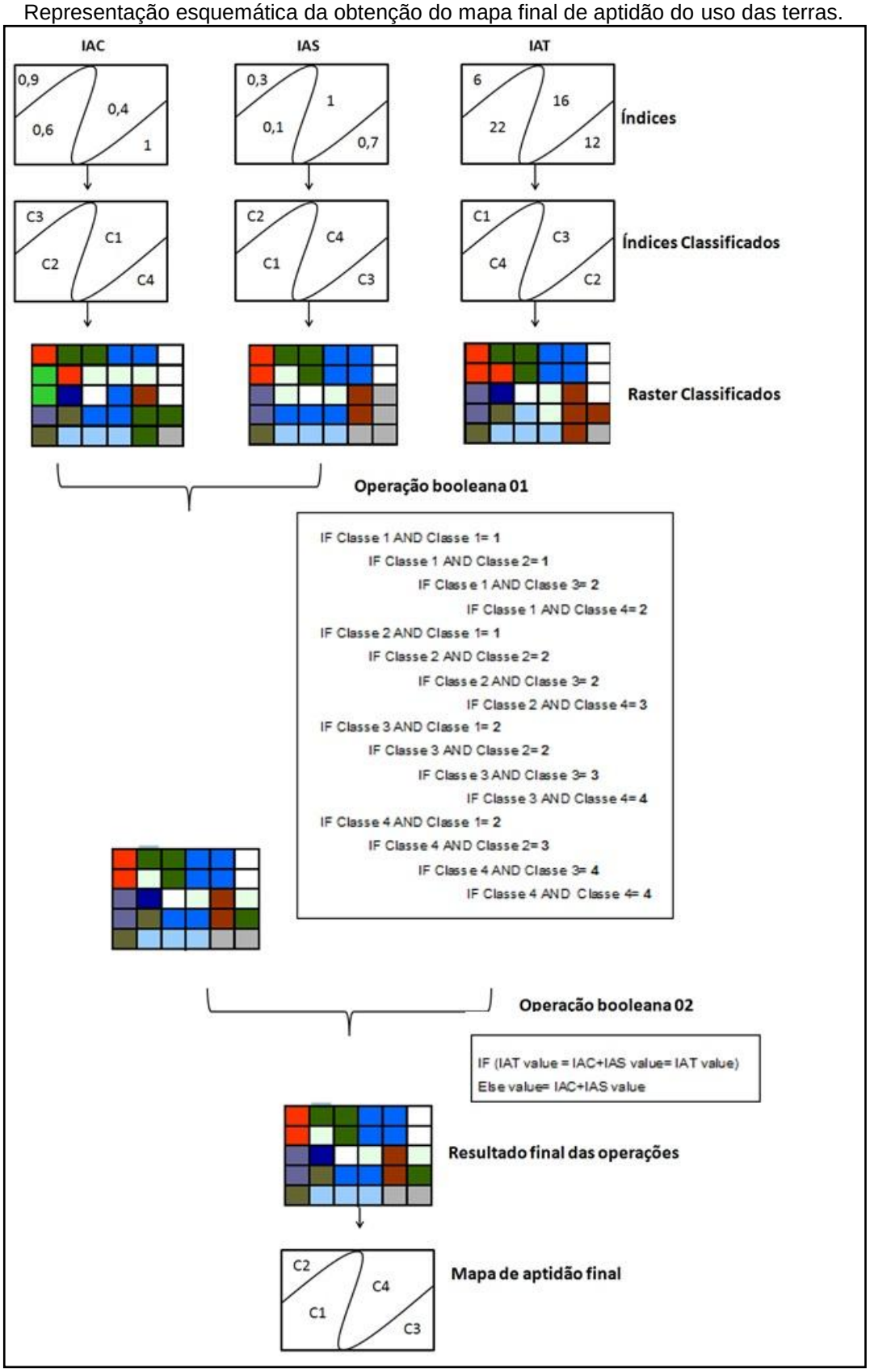
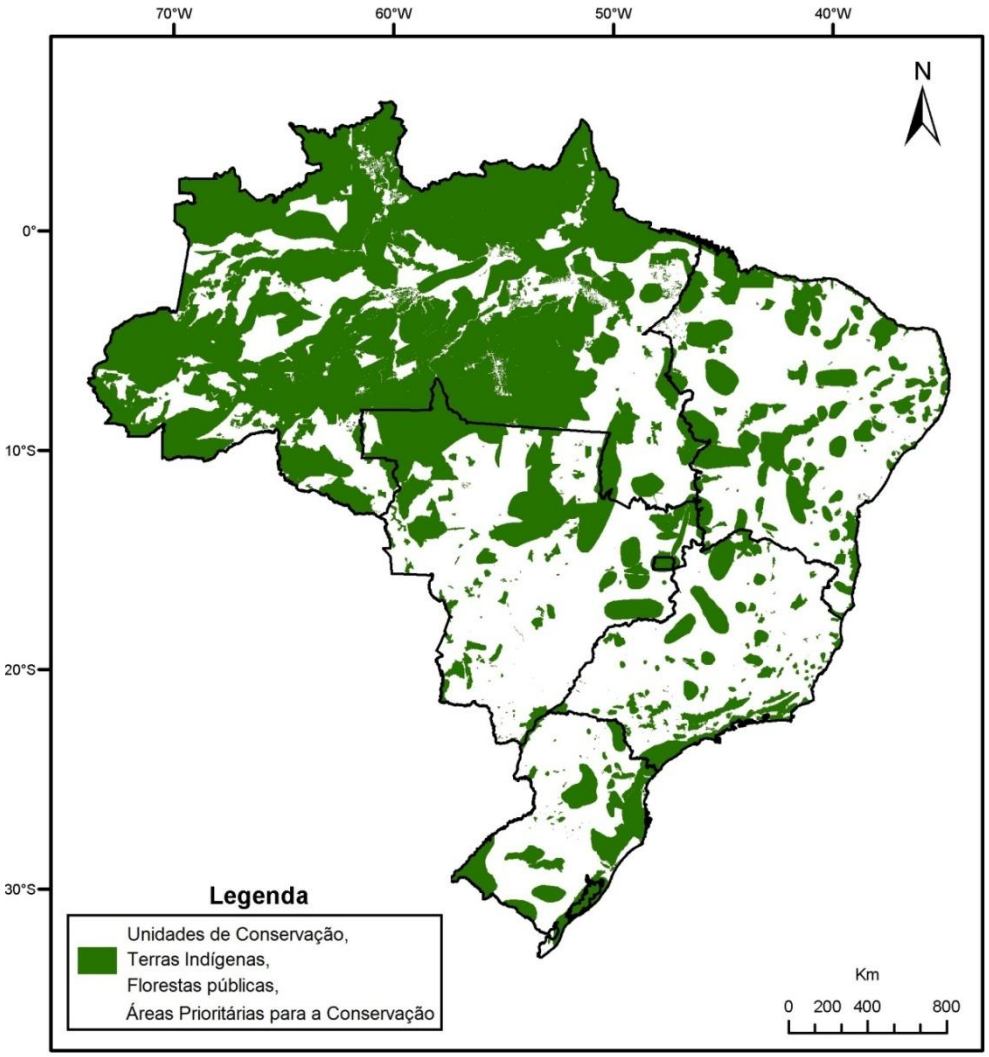
B2- Representação esquemática do mapa final de aptidão do uso das terras

A primeira etapa foi classificar os índices IAC, IAS e IAT divididos nas quatro classes de aptidão, conforme a fórmula 02. Na etapa seguinte, os índices classificados IAC e IAS, em formatos raster (ou matricial), foram relacionados através da fórmula 03, que definiram o mapa da aptidão edafoclimática (IAC+ IAS). A última etapa consistiu na sobreposição do raster classificado IAT com o raster da aptidão edafoclimática por meio da fórmula 04, obtendo no final o mapa de aptidão do uso das terras.

Parâmetros dos índices de qualidade por classe de Aptidão

	IAC	IAS	IAT
Classe 1	< 0,50	<0,10	< 6,0
Classe 2	<0,65	<0,20	<12,0
Classe 3	<0,85	<0,60	<16,0
Classe 4	=1,00	=1,00	

Representação esquemática da obtenção do mapa final de aptidão do uso das terras.



B3 - Mapa das áreas prioritárias e obrigatórias para preservação e conservação ambiental